8436

The Department of Public Instruction, Bombay

SCIENCE PRIMERS

IN GUJARATI.



INTRODUCTORY.

BY

Professor Huxley, F. R. S.

TRANSLATED INTO GUJARATI

BY

R. S. MAHIPATRÁM R. NILKANTH, C. I. E.

GUJARATI TRANSLATOR, EDUCATIONAL DEPARTMENT

First Edition—2,000 Copies.

Registered for copyright under the Government of India Act XXV. of 1867.



Bombay.

GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPÔT.

1890.

Price 10 *Annas.*

BOMBAY:

PRINTED AT THE "NIRNAYA-SAGARA" PRESS

૪૫૩૯

મુંબઈ ઇલાકાનું સરકારી કેળવણીખાતું.

વિદ્યાપ્રવેશગ્રંથાવલિ.

ગૂજરાતીમાં.

નંબર ૬.

પ્રવેશપોથી.

પ્રોફેસર હક્સલીકૃત ઇંગ્રેજી પુસ્તકપરથી
ગૂજરાતીમાં ભાષાંતર કરનાર
રા. સા. મહીપતરામ રૂપરામ નીલકંઠ, સી. આઇ. ઇ.
ગૂજરાતી ટ્રાન્સલેટર, એજ્યુકેશનલ ડીપાર્ટમેન્ટ.

આવૃત્તિ ૧ લી— ૨,૦૦૦ પ્રત.

મુંબાઈ:
ગવર્નમેંટ સેંટ્રલ બુક ડીપો.

ઇસ્વી સન ૧૮૯૦.

કીમત ૧૦ આના.

મુંબઇમધ્યે;
" નિર્ણયસાગર " છાપખાનામાં છાપી.

અનુક્રમણિકા.

૧. સૃષ્ટિ અને વિદ્યા.

૨. ભૌતિકપદાર્થો.—અ. અનિજવસ્તુઓ.

કલમ. પૃષ્ઠ.

બ. સજીવ વસ્તુઓ.

૩. અમૂર્ત્ત વિષયો.

४५३९

विद्याना प्रथम पुस्तको.

प्रवेश पोथी.

१. सृष्टि अने विद्या.

१. इंद्रियबोध अने वस्तुओ.

જે જગત્માં આપણે વશીએ છીએ અને જેનો અંશ છીએ તે જગત્વિષે આપણી જાગૃતિના બધા વખતમાં ઇંદ્રિયોવડે કાંઈ જ્ઞાન મેળવીએ છીએ; નિરંતર આપણને કાંઇ લાગ્યાનું (સ્પર્શનું), સાંભળ્યાનું, વાસનું, અને, અંધારામાં ન હોઇએ તો, જોયાનું જ્ઞાન થાયછે; વચગાળે સ્વાદનું ભાન થાયછે. એ જ્ઞાનને **ઇંદ્રિયબોધ** કહેવામાં આવેછે.

એમાંનો કોઈ ઇંદ્રિયબોધ જ્યારે થાયછે ત્યારે આપણું સાધારણ કહેવું એ છે કે અમને લાગેછે, કે અમે સાંભળીએ છીએ, કે જોઇએ છીએ, કે અમને વાસ આવેછે, કે સ્વાદ લાગેછે. અમુક વાસથી આપણે કહીએ છીએ કે તે ડુંગળીનો વાસ છે; અમુક સ્વાદથી આપણે કહીએ છીએ કે તે બોરનો સ્વાદ છે; અમુક નાદથી કહીએ છીએ કે ગાડીનો નાદ સંભળાયછે; આપણી આંખો આગળના અમુક દેખાવથી આપણે કહીએ છીએ કે આપણે ઝાડ જોઈએ છીએ, અને એમ ઇંદ્રિયોની સહાયથી જે જાણવામાં આવેછે તેને **વસ્તુ**, કે **વિષય** કહીએ છીએ.

२. कारणो अने कार्यो.

વળી આપણે કહીએ છીએ કે એ સર્વ વસ્તુઓ કે વિષયો ઇંદ્રિયબોધોનાં કારણો છે અને ઇંદ્રિયબોધો એ કારણોનાં કાર્યો છે. ઉદાહરણ, આપણે અમુક નાદ સાંભળીએ છીએ ત્યારે કહીએ છીએ કે તેનું કારણ રસ્તાઉપર ગાડી જાયછે તે છે, અથવા રસ્તાઉપર ગાડી જ-

વાથી તે થયો કે રસ્તાઉપર ગાડી જવાનું તે કાર્ય છે. કાંઇ બળવાનો જબરો વાસ આવે તો આપણે માનીએ છીએ કે કાંઇ બળેછે, અને ચિંતાતુર થઇ તે ગંધનું કારણ ખોળીએ છીએ. આપણે ઝાડ દેખીએ છીએ તો માનીએ છીએ કે આપણી નજર જેટલી જગામાં પહોં-ચેછે તેટલામાં કોઇ વસ્તુ કે વિષય છે તે એ દેખાવનું કારણ છે.

३. कारण शुं. खुलासो (समजण.)

બળવાના વાસવિષે તપાસ કરવાથી માલૂમ પડેછે કે કોઇ ચીજ ખરેખરી બળેછે, ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે વાસનું કારણ માલૂમ પડ્યું, અથવા એમ પણ કહીએ કે વાસ આવવાનું કારણ શું તે જણાયું; અથવા તેનો ખુલાસો મળ્યો. માટે કોઇ બાબતનું કારણ શું તે જાણ્યું, કે તેનો ખુલાસો થયો તેને તેનું કારણ જાણવું કહેછે, પણ જે એક બાબતનું કારણ હોય તે બીજાનું કાર્ય હોય. ઉદાહરણ, ધારો કે આપણા જાણવામાં આવ્યું કે આપણને કાંઇ બળવાની ગંધ લાગી તેનું કારણ લૂગડું બળતું જણાયું, તેપરથી આપણે તુરત પૂછીએ છીએ કે તે શાથી સળગ્યું, અથવા તે બળવા લાગ્યું તેનું કારણ શું? કદાચ આપણને માલૂમ પડેછે કે સળગેલી દીવાસળી તે ઉપર નાંખવામાં આવી હતી, અને તેવારે આપણે કહીએ છીએ કે તે બળવાનું કારણ સળગેલી દીવાસળી હતી. પણ કોઇ માણસે દીવાસળીને તેપર નાંખ્યાવિના તે ત્યાં હોત નહિ. અર્થાત, દીવા-સળીનું ત્યાં હોવું એ કારણરૂપી કોઇએ ઉત્પન્ન કરેલું કાર્ય છે. તે ઉપ-રથી આપણે પૂછીએ છીએ કે કોઇકે ત્યાં દીવાસળી શામાટે નાંખી? તેણે અજાણે બેફીકરાઇથી નાંખી કે જાણી જોઇને નાંખી? અને જાણી બુઝીને નાંખી તો તેમ કરવાનો તેનો હેતુ શો હતો, કે તેમ કરવાનું તેને શાથી સૂઝ્યું? અને તે હેતુ હોવાનું કારણ શું? એમ એકપરથી એક નીકળતા પ્રશ્નોના પાર ન આવે એ દેખીતું છે.

એમ આપણે માનીએ છીએ કે હર કાંઇ બનાવ આગલા કોઇ કારણનું કાર્ય છે; અને તે કારણ કોઇ બીજાનું કાર્ય છે. અને તેમ કારણો અને કાર્યોની સાંકળી જેટલે પાછળ જતા જઇએ તેટલે લગી છે. હરકોઇનું કારણ જણાયું, કે તે શા કારણથી છે તે માલૂમ પડ્યું

કે તેનો ખુલાસો થયો કહેવાયછે; તે કારણનું કારણ જાણી શકાય તો વધારે ખુલાસો થયો કહેવાય. કારણો અને કાર્યોની સંકળના જેમ વધારે જડે તેમ ખુલાસો વધારે સંતોષકારક હોયછે. પરંતુ ખુલાસો સંપૂર્ણ તો હોઇ શકેજ નહિ; કેમકે માણસને ઘણામાં ઘણું જ્ઞાન થાયછે તે સૃષ્ટિના આરંભ ભણી ઝાઝું જતું નથી.

૪. ગુણો અને શક્તિઓ.

કોઇ વસ્તુ સર્વદા અમુક કાર્ય (અસર) ઉત્પન્ન કરે તે કાર્યને વખતે તેનો ગુણ, ને વખતે તેની શક્તિ કહેવામાં આવેછે. ઉદાહરણ, ડુંગળીનો વાસ તે તેનો એક ગુણ ગણાયછે, કેમકે ડુંગળીને નાકની સમીપ લાવીએ છીએ તેવારે તેમાંથી તેવો વાસ નીકળતો જણાયછે; સીસામાં ભારેપણાનો ગુણ કહેવાયછે, કેમકે જ્યારે તેને હાથમાં લેઇએ છીએ ત્યારે હમેશ તે ભારે લાગેછે. પાણીના પ્રવાહમાં જળચક્ર ફેરવવાની શક્તિ છે એમ કહેવાયછે, કેમકે તેથી તે ફરેછે; ઝેરી સાપમાં માણસને મારી નાંખવાની શક્તિ છે એમ કહેવાયછે, કેમકે તેના ડંખથી માણસ મરી જાયછે. વસ્તુઓમાં જે ગુણો અને શક્તિઓ કહેવાયછે તેઓ તે વસ્તુઓથી ઉત્પન્ન થતાં કેટલાંક કાર્યો (કે અસરો) છે.

૫. કૃત્રિમ અને સ્વાભાવિક પદાર્થો. સૃષ્ટિ (કુદ્રત).

આપણી ઇંદ્રિયોવડે ઘણીક વસ્તુઓ આપણા જાણવામાં આવેછે. ઉદાહરણ, ઘરો, રાચરચીલાં, ગાડીઓ, યંત્રો. એ સર્વ **કૃત્રિમ** (હસ્તકૃત) **વસ્તુઓ** કે **પદાર્થો** છે. કેમકે તેઓનું રૂપ (કે આકાર) માણસની બનાવટ છે; ઘણું કરીને તો તેઓ માણસથી બનેલા કહેવાયછે. તથાપિ ઘણી વધારે વસ્તુઓમાં માણસનું કરેલું કાંઇ નથી હોતું, અને માણસનો જન્મ પૃથ્વી ઉપર થયોજ ન હોત તોપણ તેઓ હાલ છે તેવીજ હોત,—ઉદાહરણ, આકાશ અને વાદળાં; સૂર્ય, ચંદ્ર અને તારા; સમુદ્ર અને તેના ખડકો, કાંકરાવાળા કે રેતાળ કાંઠા; જમીનપર ડુંગરો અને ખીણો; અને સઘળાં વગડાઉ ઝાડો (કે છોડો) અને જનાવરો. આ જાતની વસ્તુઓને **સ્વાભાવિક પદાર્થો** કહેછે, અને તે સર્વને **સૃષ્ટિ** કહીએ છીએ.

૬. कृत्रिम वस्तुओ–स्वाभाविक (कुद्रती) वस्तुओने माणसोए रूपो आपेलां, भेगी करेली के जुदी पाडेली ते मात्र कृत्रिम वस्तुओ छे.

સ્વાભાવિક અને હુનરી વસ્તુઓનો આ ભેદ સહેલથી કહી શકાયછે, અને અનુકૂળ પડેછે; પરંતુ યાદ રાખવાની જરૂર છે કે છેવટે તો બધું સૃષ્ટ (કુદ્રતી) પદાર્થો છે. જે કૃત્રિમ પદાર્થો સાધારણ બોલીમાં માણસના બનાવેલા કહેવાયછે તેઓ પણ માણસે ખસેડેલા અને રૂપ આપેલા માત્ર સ્વાભાવિક પદાર્થો છે; અને **સરજવાના** અર્થમાં, એટલે જે વસ્તુ આગળ કોઇ બીજે રૂપે ન હતી તેને હયાતીમાં આણવી (ઉત્પન્ન કરવી) એ માણસથી બની શકે તેમ નથી. એ ઉપરાંત યાદ રાખવું કે સ્વાભાવિક પદાર્થોમાં સ્વાભાવિક પદાર્થપણાને લીધે જે શક્તિઓ છે તેઓવડે માણસો તેઓને રૂપ આપેછે, અને એકઠાં કરેછે, કે છૂટાં પાડેછે.

સૃષ્ટિના જે ભાગને આપણે માણસ જાત કહીએ છીએ તેની કૃતિથી ખરૂં જોતાં સકળ કૃત્રિમ વસ્તુઓ બનેછે.

ફલાણાએ પેટી "બનાવી" એમ બોલીએ છીએ, અને તેમ બોલવાનો અર્થ એટલોજ હોય કે તેણે લાકડાના કકડાનો અમુક આકાર કર્યો અને ખીલાથી તેઓને એકઠા જડ્યા, તો તે કહેવું ખરૂં છે; પણ લાકડું સ્વાભાવિક પદાર્થ છે અને ખીલાનું લોઢુંએ તે છે. ઘડો બનાવનાર ત્રાંબાનો હોય તો કંસારો છે, ને માટીનો હોય તો કુંભાર છે, પણ ત્રાંબું અને માટી સ્વાભાવિક પદાર્થો છે. ઘડીઆળ ધાતુઓનું બન્યું છે, અને રેંટીઓ તથા ગાડું, લાકડું, લોઢું વગેરે સ્વાભાવિક પદાર્થોનું બન્યું છે તે પદાર્થોને ભેગા કરી અનેક ઘાટ (રૂપ કે આકાર) માત્ર માણસે આપ્યા છે. અંગરખું કે ડગલી સૂતરની છે, ને સૂતર રૂનું બન્યું છે; અને રૂ સ્વાભાવિક પદાર્થ છે. પીતામ્બર હીરનું બન્યું છે, પણ હીર સ્વાભાવિક વસ્તુ છે. વળી એ સર્વ બનાવનારાં માણસો સ્વાભાવિક પદાર્થો છે.

સૂતાર, ઇમારતો બાંધનારા, મોચી અને બીજા બધા કારીગરો

અને કસબીઓ છે, તેમણે કેટલાક કુદરતી પદાર્થોના ગુણો અને શક્તિઓની માહિતી મેળવી હોયછે; તથા કારણો અને કાર્યોની સંકલનાથી જાણીતા હોયછે, તેથી તે પદાર્થોને માણસના કામમાં આવે તેમ જોડવાને તથા ઘાટ આપવાને તેઓ શક્તિમાન છે.

લાકડાના ગુણો અને શક્તિઓ જાણ્યાવિના જેને આપણે ખુરશી "કરવી" કહીએ છીએ તે કરી શકે નહિ. લોઢામાં એવો ગુણ છે કે રક્ત ઉષ્ણ કરવાથી તે નરમ થાયછે અને તેનો સહેલથી હર કોઈ ઘાટ ઘડી શકાયછે (રૂપ કે આકાર આપી શકાયછે); એ જાણ્યાવિના નકુચા, સાંકળો વગેરે લવાર બનાવી શકે નહિ. માટીના ઘણાક ગુણો કડીઆના જાણવામાં હોવા જોઇએ; નરમાશ, વાળ્યું વળે, અને નરમ તાપથી ઓગળે એ સીસાના ગુણો જાણ્યા વિના સીસાઘડો પોતાનું કામ કરી શકે નહિ.

માટે પ્રત્યેક હુનર કરવામાં સ્વાભાવિક કારણો અને કાર્યોનું કાંઇ જ્ઞાન તે કરનારાને હોવાનું અનુમાન થાયછે; અને સ્વાભાવિક પદાર્થોના ગુણોના અને શક્તિઓના જ્ઞાનમાં જેમ જેમ વધારો થાય, તથા પદાર્થોના ગુણોને અને શક્તિઓને અને કારણ અને કાર્યના સંબંધોને આપણા લાભાર્થે વાળવાની શોધો થાય તેમ હુનરોમાં સુધારો થાય.

૭. સૃષ્ટિના ઘણા પદાર્થો અને કારણો તથા કાર્યોની સંકલનાનું જ્ઞાન માણસની શક્તિની મર્યાદાની પાર છે.

પાછળ કહી ગયા તેમ કેટલાક કુદરતી પદાર્થોને લેઈ આપણે ઉપયોગમાં આણી શકીએ છીએ. પરંતુ સૃષ્ટિની સઘળી મોટામાં મોટી વસ્તુઓ અને કારણ અને કાર્યની જે સંકલનાથી તેઓનો સંબંધ થયોછે તેઓ આપણે હાથ આવતી નથી. સૂરજ ઊગેછે અને આથમેછે; ચંદ્ર અને નક્ષત્રો આકાશમાં ગમન કરેછે; વાયુની ખુશકારી અવસ્થા, અને તોફાની પવન, તાપ અને ટાઢ વારાફરતી આવેછે. પવન ભિન્ન ભિન્ન બળથી વાય તેપ્રમાણે અને તેના (પવનના) પડવાથી

સમુદ્ર ઓછા વધતા ભારે ઉછાળા મારેછે કે શાંત થઈ કાચ જેવો દેખાયછે; અગણિત છોડવા અને જનાવરો હયાતીમાં આવેછે અને પાછાં જતાં રહેછે; એ મોટી સ્વાભાવિક બનાવમાળાઓ મહાન્ અનુક્રમે બની જાયછે. તેઓ ઉપર આપણી જરાએ સત્તા ચાલતી નથી; એક સ્થળને વાઝોડું વેરાન કરેછે; બીજાને ધરતીકંપ નાશ કરેછે. જ્વાળામુખી ફાટવાથી ત્રીજું ઠેકાણું ઊજ્જડ થાયછે. અહિં સારી મોસમ (ઋતુ) થી સુકાળ અને ધન પ્રસરેછે, અને ત્યાં લાંબી અનાવૃષ્ટિથી દુકાળ (દુષ્કાળ) પડેછે, અને મરકી ચાલેછે. આવી બધી બાબતોમાં માણસની પ્રત્યક્ષ સત્તા કાંઇ કામમાં નથી આવતી. અને જ્યાં લગી તે અજ્ઞાન છે ત્યાં લગી, સૃષ્ટિની વધારે મોટી શક્તિઓનું તે માત્ર રમકડું છે.

૮. सृष्टिनो क्रम; आकस्मिक बनाव बनतो नथी, दैवजोग छेज नहि.

કુદરતનો સંભાળથી અભ્યાસ કરવા માંડયો ત્યારથી માણસોના જાણવામાં આવ્યું કે કેટલાક બનાવ નિયમિત ક્રમે બનેછે, અને કેટલાંક કારણોથી એકજ પ્રકારનાં કાર્યો ઉત્પન્ન થાયછે. સૂર્ય નિત્ય આકાશને એક પાસે ઊગેછે અને બીજે પાસે આથમેછે; ચંદ્ર એક સરખા અનુક્રમે અને સરખે કાળાંતરે કળા બદલેછે; કેટલીક ચાંદરણીઓ આપણે વશીએ છીએ તે સ્થળની ક્ષિતિજ નીચે કદી અસ્ત પામતી નથી; ઋતુઓ વધારે ઓછી નિયમિત છે; ડુંગરપરથી પાણી હમેશ તળેટી ભણી વહેછે; અગ્નિ સર્વદા બાળેછે; બીયાંમાંથી વૃક્ષો (છોડવા અને નાનાં મોટાં ઝાડ) સદા ઊગેછે, અને તે વૃક્ષોને બીયાં થાયછે તેઓમાંથી વળી તેવાંજ વૃક્ષો ઊગેછે; જનાવરો જન્મેછે, મોટાં થાયછે, પુખ્ત ઉમરે પહોંચેછે (ઘરડાં થાયછે) અને મરી જાયછે; એ એમનું એમ એક પછી એક જમાનામાં થયું જાયછે. એથી સૃષ્ટિના ક્રમનો, અને પદાર્થો અને વિષયોમાં કારણ અને કાર્યના સંબંધમાં અચળતાનો વિચાર માણસોના મનમાં આસ્તે આસ્તે પ્રવેશ થયો. જેમાં આવો ક્રમ ચાલુ જોવામાં આવ્યો તે બાબતનો ખુલાસો સમ-

જાયો એમ લાગ્યું; પણ જેનો ખુલાસો એમ થયો નહિ તેને **અચાનક, દૈવજોગ કે આકસ્મિક બનાવ** કહ્યો.

પરંતુ સૃષ્ટિનો અભ્યાસ જેમ વધારે કરવામાં આવ્યો તેમ વધારે વિસ્તીર્ણ ક્રમનો પ્રસાર જણાયો છે, અને જ્યાં અનિયમિતપણું કે ઘોટાળો દેખાયો ત્યાં સંયુક્તપણું સિદ્ધ થયું છે; તે એટલેસૂધી કે કોઈ પણ બનાવ દૈવજોગથી બનેછે, કે હરકોઈ ખરેખરા આકસ્મિક બનાવો છે, એટલે જે બનાવોને કારણ નથી, એમ માને એવો મૂર્ખ આજે કોઇ નથી. અને જો આપણે કોઇ બનાવને દૈવજોગે બનેલો કહીએ છીએ તો સર્વ કોઇ કબૂલ કરેછે કે તેમ કહેવાનો અર્થ એટલોજ કે આપણે તેનું કારણ, અથવા તે શાથી બન્યો તે જાણતા નથી. દૈવજોગ અને અકસ્માત્ એ માત્ર અજ્ઞાનનાં **બીજાં નામો** છે.

આ ક્ષણે હું મારી બારીએથી જોઉંછું તો વરસાદ વરસેછે અને પવન જોરથી વાયછે, તથા ઝાડોની ડાળીઓ અતિશે ડોલેછે. એવું બને કે કોઇ આદમી તે ઝાડ નીચે બચાવનેમાટે આવી ઊભો રહેલો હોય; પવનનો વધારે જબરો ઝપાટો આવવાથી એક ડાળું ત્રુટી તેના ઉપર પડે અને તેને બહુ વાગે. એમ બને તો તેને "અકસ્માત્" કહેવામાં આવે, અને તે માણસ કદાચ કહેશે કે "હું "દૈવજોગે" બહાર ગયો, અને "દૈવજોગે" તે ઝાડ તળે ઊભો, અને તેથી એ "અકસ્માત્" બન્યો." પણ એમાં દૈવજોગે નથી અને અકસ્માતે નથી. વાતાવરણ ઉપર થતાં કોઇ કારણોના વ્યાપારનું કાર્ય એ વાઝોડું છે, અને તે વ્યાપાર કદાચિત્ સેંકડો મૈલોપર ચાલતો હશે; પ્રત્યેક પત્રનું આંદોલન (ઝોલા ખાવું) તેનું જે પૃષ્ઠ પવનને સ્પર્શ કરેછે તે ઉપર પવનની ગતિનું બળ લાગેછે તેથી થાયછે; જો ઝાડની કોઇ શાખા ત્રુટેછે તો તે તેની મજબૂતાઇ અને પવનના બળના સંબંધનું પરિણામ છે; માણસના ઉપર તે પડેછે તો તે પડવું બીજા પરિમિત કુદ્રતી કારણોની કૃતિનું પરિણામ છે; અને જે કારણનું કાર્ય એ હતું કે તે આદમી બહાર જવા નીકળ્યો તેનાથી માંડીને જે કારણનું કાર્ય એ થયું કે તે તે ઝાડ તળે જઇ ઊભો તેઓની વચમાં કારણો અને કાર્યો હાર-

બંધ એક પછી એક સ્વાભાવિક અનુક્રમે પ્રવૃત્યાં તેઓમાં છેલ્લું પદ તેની તે ઝાડ તળે સ્થિતિ છે.

પરંતુ, જે કારણો અને કાર્યોની લાંબી અને ભેળસેળ થયેલી હારવડે તે ડાળી તે માણસ ઉપર પડી તેની ગુંચ આપણે છોડવી શકતા નથી (એટલે જેનું સ્પષ્ટ જ્ઞાન મેળવી શકતા નથી) તેથી તેવા બનાવને આપણે આકસ્મિક બનાવ કહીએ છીએ.

૯. सृष्टिना नियमो (कायदा); नियमो कारणो नहि.

સંભાળપૂર્વક અને ફરી ફરીને કરેલા અવલોકનથી જ્યારે જણાયછે કે અમુક કાર્યનું હમેશ અમુક કારણ છે, કિંવા અમુક બનાવો સર્વદા તેના તેજ અનુક્રમે બનેછે, ત્યારે એમ જડેલા સત્યને **સૃષ્ટિનો નિયમ** (કુદ્રતી કાયદો) કહીએ છીએ. ઉદાહરણ, કોઇ ભારે વસ્તુને ટેકો ન મળે તો તે જમીન ઉપર પડેછે એ સૃષ્ટિનો નિયમ છે; સાધારણ હાલતમાં સીસું નરમ અને ભારે છે, અને ચકમક કઠણ અને બરડ છે, એ સૃષ્ટિનો નિયમ છે; કેમકે અનુભવ દર્શાવેછે કે ટેકો ન મળે તો ભારે ચીજો હમેશ પડેછે, અને સાધારણ અવસ્થામાં સીસું હમેશ નરમ અને ચકમક હમેશ કઠણ હોયછે.

કુદ્રતી પદાર્થોની શક્તિઓ અને ગુણોવિષે અને સૃષ્ટિના ક્રમવિષે જે જે આપણા જાણવામાં છે તેને સૃષ્ટિનો નિયમ યોગ્યતા સહિત કહી શકાય એ કહેવું ખરૂં છે. પરંતુ જે ઘણી વાર ભૂલી જવામાં આવેછે, તથાપિ યાદ રાખવા જોગ છે તે એ છે કે સૃષ્ટિના ક્રમનાં કારણો છે તેઓ સૃષ્ટિના નિયમો (કાયદા) નથી, પણ તે ક્રમમાંથી જેટલું આપણા જાણવામાં આવ્યું તેટલું કહેવાનો માત્ર પ્રકાર છે. માણસો કોઇ વેળા બેપરીકરાઇથી કહેછે તેમ ઉપર કહ્યો તે નિયમપ્રમાણે પથરા જમીન ઉપર પડતા નથી; પથરા વગેરે ભારે વસ્તુઓને પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર ગતિ કરવાને છૂટ મળેછે, ત્યારે જે થયા વિના કદી રહેતું નથી (જે હમેશ બનેછે) તે કહેવાનો પ્રકાર એ નિયમ છે.

ખરૂં એ છે કે, માણસો એકમેકપ્રત્યે વર્ત્તવાનો માર્ગ દર્શાવવાને કાયદા કરેછે તેને આ બાબતમાં સૃષ્ટિના કાયદા મળતા છે. ફર આ-

પવાવિષે કાયદા છે, અને ચોરી કે ખૂનની વિરૂદ્ધ કાયદા છે; પરંતુ કોઇ માણસ કર આપેછે તેનું કારણ કાયદો નથી, તેમજ ચોરી કે ખૂન કરતો નથી તેનું કારણ કાયદો નથી. આપવાનો કર જે નહિ ભરે, અથવા ચોરી કે ખૂન કરે તેને શું થશે તેનું વર્ણન માત્ર કાયદો છે; તે આદમી કર આપેછે, કે ગુનો કરતો નથી તેનું કારણ (વધારે સારો હેતુ ન હોય તો) પરિણામે થનારૂં ભય છે, અને તે તે વર્ણન માનવાનું કાર્ય છે. અમુક અવસ્થામાં મંડળી (કે સરકાર) શું કરશે તે ધારવું એ માણસનો કાયદો (નિયમ) જણાવેછે; અને અમુક અવસ્થામાં સ્વાભાવિક પદાર્થો શું કરશે તે ધારવું એ સૃષ્ટિનો કાયદો (નિયમ) જણાવેછે. પ્રત્યેક આપણી બુદ્ધિને કાંઇ જણાવેછે, અને તેથી આપણું મન જેટલું વળે (આપણા મનપર જેટલી અસર થાય) તે ઉપરાંત તે માત્ર સાદ કે લેખ છે.

માણસના અને સૃષ્ટિના નિયમોમાં (કાયદામાં) એટલું મળતાપણું છે, તોપણ તે બેમાં કેટલાક મૂળ પ્રકૃતિભેદો છે તેઓ ઉપર નજર રાખવામાં ગફલત કરવી નહિ. પોતાની ખુશીમાં આવે તો માને કે ન માને એવાઓને કરેલી આજ્ઞાઓ (હુકમો) એ માણસનો કાયદો છે; અને તે કાયદો ત્રુટવાથી રદ્દ થઇ જતો નથી. કુદ્રતી કાયદાનું એથી ઉલટું છે; તેઓ અજ્ઞાનથી પણ સૃષ્ટિના નિર્વિકારી ક્રમસંબંધી પ્રતિજ્ઞાઓ છે; તે પ્રતિજ્ઞાઓ તે ક્રમ જણાવેછે એવું જ્યાંપર્યંત બતાવી શકાય ત્યાંપર્યંત તેઓ કાયદા છે. સૃષ્ટિના કાયદા ભંગ થાય કે અટકે એમ કહેવું વિપરીત છે. તે ભંગ થાય કે અટકે છે એ વાક્યનો વાસ્તવિક અર્થ એટલોજ કે અમુક સ્થિતિમાં તે કાયદાની પ્રતિજ્ઞા ખરી નથી; અને તે ઉપરથી સત્ય નિર્ણય એ થાયછે કે સૃષ્ટિના ક્રમનો ભંગ થતો નથી, પરંતુ તે ક્રમ શો છે તે કહેવામાં આપણી ભૂલ હતી. સૃષ્ટિનો ખરો નિયમ સર્વથા લાગુ પડેછે, તેને અપવાદ નથી.

વળી માનુષસંસારની હયાતીથી માનુષ કાયદા (ધારા કે નિયમો) ને જુદા પાડતાં તેઓ નિરર્થક છે. કુદ્રતી કાયદા (સ્વાભાવિક નિયમો) સૃષ્ટિનો સામાન્ય માર્ગ દર્શાવેછે. માનુષસંસાર તો સૃષ્ટિનો કિંચિત્ અંશ માત્ર છે.

१० दुनियामां व्यवहारोपयोगी कामो करवाने सृष्टिनुं ज्ञान मार्गदर्शक छे.

જો દૈવજોગે કાંઇ બનતું નથી, પરંતુ સૃષ્ટિનો હરેક બનાવ કોઇ નિશ્ચિત ક્રમપ્રમાણે થાયછે, અને જે આપણે ચોકસ વચનોમાં સૃષ્ટિના ક્રમવિષે શીખી શક્યા છીએ તેનો સમાવેશ સૃષ્ટિના નિયમો (કુદરતના કાયદા) માં થાયછે તો તે નિયમોપ્રમાણે વર્તી શકવાને તેઓમાંના જેટલા જાણી શકાય તેટલા જાણવાની ઘણી ગરજ છે.

હર કોઇ આદમી કોઇ દેશમાં ત્યાંના કાયદાની જોડે નિસબત રાખ્યાવિના રહેવાનો પ્રયોગ કરવામાં ઝટ પીડામાં ફસાશે, અને તેને દંડ, કેદ કે ફાંસીની સજા થાય તોએ, સંભવ છે કે ડાહ્યા માણસો ગણશે કે પોતાની નાદાનીવડે તે સજાને પાત્ર થયો.

એજ પ્રમાણે હર કોઇ માણસ આ પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર સૃષ્ટિના કાયદા લક્ષમાં રાખ્યાવિના રહેવાનો યત્ન કરે તો તે ઘણા ટૂંકા વખત લગીજ જીવશે, અને તે ટૂંકા વખતનો ઘણોખરો ભાગ દુઃખમાં ગાળશે. સ્વાભાવિક નિયમોનું એક વિશેષ લક્ષણ એ છે કે તેઓ વગર સમને અને ફોજદારી કે દિવાની કામ ચલાવ્યા વિના અમલ કરેછે. માણસે ઠરાવેલા કાયદા અને સૃષ્ટિના નિયમોમાં એ ભેદ છે. ખરેખર સૃષ્ટિના કોઇક નિયમો પાળ્યાવિના કોઇથી અર્ધો દિવસ પણ જીવાય નહિ; અને સૃષ્ટિના નિયમો જાણવાને માણસો હજી જોઇએ એટલા ઉત્સુક નથી, તેથી હજારો મનુષ્યો પ્રતિદિન મરી જાયછે કે મહાદુઃખી અવસ્થામાં રહેછે.

જે કુદરતી પદાર્થોને હસ્તગત કરી ભેગા કરી શકીએ તેઓના ગુણોના જ્ઞાન ઉપર આપણા સકળ હુનરોનો અને ધંધાઓનો આધાર છે એ જાણવામાં આવી ચૂક્યું છે; અગર વધારે મોટા કુદ્રતી પદાર્થોપર તથા સૃષ્ટિમાં સામાન્ય કારણો અને કાર્યોના ચાલતા ક્રમપર આપણે પ્રત્યક્ષ સત્તા ચલાવી શકીએ નહિ, તોપણ એ પદાર્થના ગુણો અને તેઓની શક્તિઓનું તથા બનાવોના ચાલતા ક્રમનું જ્ઞાન હોય તો

તેથી હાનિકારક પરિણામથી આપણે ઉગરીએ અને ફાયદાકારક હોય તેનો લાભ મેળવીએ.

ઉદાહરણ—માણસોથી ઋતુઓમાં અથવા છોડવાને ઉછરવાની ક્રિયામાં ફેરફાર થઇ શકતો નથી, તથાપિ એ બાબતોમાં સૃષ્ટિનો ક્રમ જાણ્યાથી વાવવાની અને લણવાની ગોઠવણ તેપ્રમાણે તેઓ કરી શકે. માણસના હુકમથી વા વાય નહિ. પરંતુ તે વાયછે તેવારે તેની જાણવામાં આવેલી શક્તિનો અને તેની સંભવિત દિશાનો લાભ વહાણ હંકારવા અને પવનચક્કી ચલાવવામાં લઇ શકાયછે. માણસ વીજળીને અટકાવી શકતો નથી; તથાપિ તેનાથી હાનિ ન થાય એવું વાહકોવડે કરી શકાયછે. વાહકો બનાવવામાં ઇલેક્ટ્રિસિટીના કેટલાક કાયદાનું જ્ઞાન હોવું જોઇએ. વીજળી એ ઇલેક્ટ્રિસિટીનો દેખાવ છે. કહેવત છે કે અગાઉથી ચેતવું તે શસ્ત્ર સજ્યાં સરખું છે; અને જ્યારે આપણે સૃષ્ટિના પદાર્થો જોડે કામ પડેછે ત્યારે સૃષ્ટિના નિયમોનું જ્ઞાન હોવાથી શું બનવાની વકી રાખવી તેની અગમચેતી મળેછે.

११. साएन्स एटले अवलोकन, प्रयोग, अने तर्कथी मळेलुं सृष्टिना नियमो (के कायदा) नुं ज्ञान.

વસ્તુઓના કે વિષયોના સાધારણ જ્ઞાનને સાએન્સથી મળેલા જ્ઞાનથી જુદું પાડી શકાય તેમ નથી. તેમજ સાધારણ તર્ક અને સાએન્સપ્રમાણે કરેલા તર્કમાં પણ ભેદ નથી. યથાર્થ કહીએ તો તમામ ખરેખરૂં જ્ઞાન **સાએન્સ** છે; અને સંભાળથી કરેલો બરાબર તર્ક તે બધો સાએન્સ પ્રમાણે થયલો તર્ક છે. જે રીતે દરરોજ દરેક માણસ પોતાના જીવતરમાં **અવલોકન** અને **પ્રયોગ** કરેછે તેજ રીતે અવલોકન અને પ્રયોગ કરવાથી સાએન્સમાં મોટાં પરિણામ પ્રાપ્ત થાયછે. ફેર માત્ર એટલોજ કે સાએન્સના અવલોકન અને પ્રયોગ બારીક અને ચોકસ હોયછે. બાળકના હાથમાં નવું રમકડું આવેથી તે તેનાં લક્ષણો નિરખેછે અને તેના ગુણોના પ્રયોગ કરેછે; આપણે બધા હમેશ કોઇ કોઇ વસ્તુ કે બાબતપર અવલોકન અને પ્રયોગ કરીએ છીએ.

પરંતુ જેમણે ચોકસાઇથી અવલોકન કરવાનો યત્ન કદી કર્યો નથી તેઓને એમ કરવું કેટલું કઠણ છે તે જાણી વિસ્મય લાગશે. હરકોઇ અતિ સાધારણ બનાવના ખરેખરા વર્ણનની પાસે પાસે હોય એવું વર્ણન પણ સોએ એક માણસ કરી શકતો નથી. એમ કહેવાનો અર્થ એ કે કાંઇક બન્યું છે અને અગત્યનું છે, તેને તે મૂકી દેશે; અથવા જે તેના જોવામાં આવ્યુંજ નથી, પણ તે બન્યું હશેજ એવું અનુમાન અજાણે કરી તે બન્યાનું જણાવશે કે સૂચવશે. જ્યારે બે સત્યવાદી સાક્ષીઓ ન્યાયની કચેરીમાં એક એકથી વિરૂદ્ધ કહેછે ત્યારે બહુધા એવું નીકળી આવેછે કે જે તેમણે ખરેખરૂં જોયું તેપરથી કરેલા અનુમાનને તે બેમાંનો એક અથવા બંને ગુંચવી નાંખી ભૂલ કરેછે. अ કસમ ખાઈ કહેછે કે बએ તેનું ગજવું કાતર્યું. પણ એવું માલૂમ પડેછે કે अ ખરેખરૂં જાણેછે તે એ છે કે જ્યારે ब તેની સોડે હતો તે વેળા કોઇનો હાથ પોતાના ગજવામાં તેને લાગ્યો; અને ચોરનાર ब ન હતો પણ स હતો, તથાપિ अ અને सને તેમ કરતાં દીઠેલો નહિ. નિરીક્ષા કરવામાં જેઓ કેળવાયલા અનુભવી નથી તેઓ જે વાસ્તવિક જોયછે તેને તેપરથી કરેલા અનુમાન જોડે અતિ અજબ રીતે ભેળી દેછે; અને કેળવાયલા અનુભવી અને સંભાળથી અવલોકન કરનારા પણ તેજ ભૂલમાં પડવાના ભયમાં સદા હોયછે.

સાયન્સી એટલે સાયન્સનેમાટે કે સાયન્સની રીતે કરવાની નિરીક્ષા પૂર્ણ અને ચોકસ હોઈ તેમાં અજાણે થઇ ગયેલાં અનુમાનો પણ હોતાં નથી.

સૃષ્ટ પદાર્થોને જાણી જોઇને ભેગા કરેથી કે જુદા પાડેથી કે જે અવસ્થામાં તેઓ હોય તેમાં હરકોઇ પ્રકારે ફેરફાર કરેથી જે થાય તેની નિરીક્ષા કરવી તે પ્રયોગ કહેવાયછે. માટે પૂરી ચોકસ જણાયલી કૃત્રિમ અવસ્થાઓમાં કરેલી સાયન્સની નિરીક્ષા એ સાયન્સનો પ્રયોગ છે.

પાણી કોઇવાર ઠરી જાયછે એ જ્ઞાન સાધારણ નિરીક્ષાથી થાયછે. કોઇ પૂરી ચોકસ અવસ્થામાં પાણી વિકાર પામી બરફ બનેછે તે નક્કી કરવું એ સાયન્સી નિરીક્ષા છે. અતિ સાધારણ પ્રયોગથી જણાય છે

કે લાકડું પાણીમાં તરેછે. સાયન્સી પ્રયેાગ દર્શાવે છે કે તરવામાં તે પેાતાના ભાર જેટલું પાણી ખસેડે છે.

સાયન્સી નિરીક્ષા અને પ્રયેાગમાં અને સાધારણ નિરીક્ષા તથા પ્રયેાગમાં જે પ્રમાણે ભેદ છે તેજ પ્રમાણે સાયન્સી તર્ક અને સાધારણ તર્કમાં ભેદ છે—એટલે તે જેમ બને તેમ ચેાકસ હેાવાને યત્ન કરેછે; અને જેમ ચેાકસ નિરીક્ષા કરવી કઠણ છે તેમજ ચેાકસ તર્ક કરવેા કઠણ છે.

સાયન્સી તર્કમાં ઘણાક વિશેષ બનાવેા ઉપરથી સામાન્ય નિયમેા કાઢવામાં આવેછે; અને જ્યારે એ સામાન્ય નિયમેા સિદ્ધ થાયછે ત્યારે જેમ રેાજના સંસારવ્યવહારમાં નિર્ણય કરવામાં આવેછે તેમ તેઓ ઉપરથી કરવામાં આવેછે. કેાઇ છેાકરેા કહેછે કે "મંજા (લખેાટા) કઠણ છે," ત્યારે જે મંજા તેના જોવામાં આવેલા અને તેને કઠણ લાગેલા તે ઉપરથી તેણે મંજાવિષે સામાન્ય નિર્ણય કર્યો. અને તર્કશાસ્ત્રમાં જેને "ઇન્ડક્શન," એટલે "વિશેષેા ઉપરથી સામાન્ય અનુમાન કરવાની રીત," કહેછે તેપ્રમાણે તેણે તર્ક કર્યો. જો તે મંજાને પેાતાના દાંતવતે ભાગવાની ના કહે તેા તેનું કારણ એ કે જાણીને કે અજાણે એથી ઉલટી ક્રિયા જે "ડિડક્શન" એટલે સામાન્ય નિયમ ઉપરથી વિશેષ અનુમાન "મંજા એટલા કઠણ છે કે દાંતવડે ભાગે નહિ," તે કરેછે.

તમે **તર્કશાસ્ત્ર**નેા અભ્યાસ કરશેા તેવારે તર્ક કરવાની રીતનું તમને વધારે જ્ઞાન થશે, તે શાસ્ત્રનેા એ વિષય છે. સૃષ્ટ પદાર્થોની વર્તણુકવિષે અગણિત નિરીક્ષાઓ અને પ્રયેાગેાવડે મેળવી એકઠા કરેલા સામાન્ય નિયમેા છે તેઓજ સ્વાભાવિક એટલે સૃષ્ટિના નિયમેા કે કુદ્રતના કાયદા છે એટલું હાલ જાણવું બસ છે; અથવા બીજા બેાલેામાં કહીએ તેા તેઓ તે નિરીક્ષાઓ અને પ્રયેાગેા ઉપરથી કાઢેલા નિર્ણયેા છે. સાયન્સનાં વ્યવહારગમ્ય અને વ્યવહારાગમ્ય પરિણામેા આ સામાન્ય નિયમેા ઉપરથી ડિડક્શન તર્કથી કાઢેલાં ફળેા છે.

એપરથી જણાય છે કે લેાકેા કેાઇવાર ધારેછે તેમ સાયન્સ અને સાધારણ જ્ઞાન કે સમજણ એક એકથી વિરૂદ્ધ નથી, પરંતુ સાધારણ

જ્ઞાન અથવા સમજણને પરિપકવ કે પરિપૂર્ણ કરવાથી તે સાયન્સ થાયછે. ઘણીજ સંભાળથી કરેલો સાધારણ તર્ક તેજ સાયન્સનો તર્ક છે, સાધારણ જ્ઞાન જેમ જેમ વધારે ચોકસ અને પૂર્ણ થાયછે તેમ તેમ તે સાયન્સનું જ્ઞાન થાયછે.

માટે સાધારણ જ્ઞાનને માર્ગે સાયન્સને પહોંચાય છે; સંભાળથી કરેલા અવલોકન અને પ્રયોગવડે તે જ્ઞાનમાં આપણે વધારો કરવો જોઇએ, અને સામાન્ય નિયમો કે કુદ્રતના કાયદાના રૂપમાં તે શોધનાં પરિણામોને બરાબર કેમ જણાવવાં તે શીખવું જોઇએ; છેલ્લે, એ નિયમો ઉપરથી ચોકસ તર્ક કરતાં શીખવું જોઇએ, અને એમ સૃષ્ટિના દેખાવનો તર્કજ્ઞ ખુલાસો મેળવવો કે તે સંસારમાં જોઇએ તેટલો માર્ગદર્શક થાય.

२. भौतिक पदार्थो.—अ. खनिज वस्तुओ.

१२. स्वाभाविक पदार्थ पाणी.

સાધારણ સ્વાભાવિક પદાર્થોમાંનો અતિ સાધારણ પદાર્થ પાણી છે; પ્રતિ દિવસે પ્રત્યેક માણસ તેનો કોઈ કામમાં ઉપયોગ કરેછે; અને તેનેલીધે દરેક જણને તેવિષે જેવી તેવી કાંઈ ખબર—સાધારણ જ્ઞાન—છે. તથાપિ પૂરો સંભવ એવો છે કે આ જ્ઞાનના ઘણાક ભાગપર તે કદી લક્ષ આપતો નથી; અને એ નક્કી છે કે પાણીવિષે જેટલું જાણી શકાય તેટલું શીખવાની જેમણે કોશિશ કરી નથી તેઓ તેની ઘણીક શક્તિઓ અને ગુણો તથા સૃષ્ટિના જે નિયમોને દર્શાવેછે તેઓથી તે અજાણ્યો હશે; અને તેનેલીધે ઘણીક બાબતો, જેનો ખુલાસો સહેલો છે તે, તેના સમજવામાં આવતી નથી. માટે આપણે સાયન્સનો આરંભ પાણીના અભ્યાસથી કરીએ તોએ ઠીક છે.

१३. पाणी भरेलुं काचनुं प्यालुं.

ધારો કે આપણીપાસે અર્ધેસુધી પાણીથી ભરેલું કાચનું પ્યાલું છે. એ પ્યાલું કૃત્રિમ વસ્તુ છે (કલમ ૫); અર્થાત્ કેટલીક સ્વાભાવિક વસ્તુઓને ભેગી કરી એટલી તપાવી કે તેઓ ઓગળી જઈ તેઓનો

કાચ બન્યો છે અને એ કાચને કારીગરે પ્યાલાનું રૂપ આપ્યું છે. પણ પાણી તો સ્વાભાવિક વસ્તુ છે, અને તે કોઈ નદી, તળાવ, કે ઝરામાંથી (કૂવામાંથી) આવ્યું છે; અથવા કોઈ ઘરને છાપરેથી વરસાદનું પાણી ટાંકામાં લીધેલું તેમાંથી આણ્યું છે. હવે જુઓ પાણીમાં પુષ્કળ ખાસ ગુણો છે. ઉદાહરણ, એ પારદર્શક છે તેથી તમે તેની અંદર જોઈ શકો છો; એ ટાઢું લાગેછે; એથી તરસ મટેછે અને એમાં ખાંડ ઓગળી જશે. પરંતુ આરંભ કરવાને તેનાં વધારે અનુકૂળ લક્ષણો એ નથી.

१४. पाणी जग्या के अवकाश रोकेछे; ते अवरोध करेछे; तेने भार छे; अने तेने मळेली गति ते बीजाने आपी शकेछे; एमाटे ते पदार्थनुं एक रूप छे.

આપણે જોઇએ છીએ કે પ્યાલાની અંદરના ભાગમાં તેની અર્ધી ઊંચાઇ લગી પાણી ભરેલું છે, માટે તેટલો **અવકાશ** તેણે રોક્યો છે, કે તેટલું તેનું કદ છે. લગભગ એટલાજ કદના બીજા પ્યાલાને તળીઆ ભણીથી એ પાણીવાળા પ્યાલામાં મૂકશો તો તમને માલૂમ પડશે કે તેનું તળીયું પાણીને લાગતાં પાણી તેને અવરોધ કરી નીચે જતું અટકાવેછે, અને કેટલુંક પાણી બહાર નીકળી ન જાય તો બીજા પ્યાલાનું તળીયું અંદર ઉતરી શકશે નહિ. જે માણસ ઊંચેથી પાણીમાં પડેછે તેને પાણી ઉપર પહોંચતાં સામો ધક્કો લાગતો માલૂમ પડેછે. માટે પાણી **અવરોધ કરેછે.**

પ્યાલામાંનું પાણી ઢોળી દેઇએ તો તે (પ્યાલું) અગાઉ કરતાં હલકું લાગે; માટે પાણીને **ભાર** છે.

અને વળી થોડા આધારે ઊભેલી વસ્તુ ઉપર એ પાણીને ફેંકો તો તેની જોડે અથડાઇ પાણી તેને પાડી નાંખશે. અર્થાત્ પાણીને ગતિ આપવાથી તે પોતાની ગતિ બીજાને દેઇ શકેછે.

આ સઘળા **બનાવો** કાર્યો છે અને તેઓનું કારણ ઉપર કહેલી અવસ્થામાં રહેલું પાણી છે, માટે તેઓને પાણીના ગુણો (§ ૪) કહી શકાય.

જે જે વસ્તુઓ અવકાશ રોકેછે, અવરોધ કરેછે, ભારે છે, (જેને ભાર કે વજન છે), અને જે બીજા સાથે અથડાતું તેને પોતાની ગતિ આપેછે તે **ભૌતિક વસ્તુ, દ્રવ્ય,** કે **પદાર્થ** છે.

૧૯. पाणी प्रवाही छे.

તમે સહેલથી અવલોકી શકશો કે પાણી અવકાશ કે જગ્યા રોકેછે, તોપણ તેને પરિમિત આકાર નથી, પરંતુ જે પાત્રમાં તે હોય તે પાત્રના આકાર જેવોજ બરાબર તેનો આકાર થાયછે. પ્યાલું નળાકાર હોય અને તેને ઊભું મૂક્યું હોય તો તેમાંના પાણીના મથાળાંના આકાર ગોળ હોયછે, અને પ્યાલાને વાંકું કરતા જાઓ તેમ તેમ તેનો આકાર, કાંઇ પણ તૂટ કે અંતરાળ વિના વધારે વધારે અંડાકાર થતો જશે; અને હરકોઇ જે આકારના પાત્ર કે વાસણમાં તમે પાણીને રેડશો તેની બાજૂઓ તે વાસણની માંહેની બાજૂઓને પૂરેપૂરી બેસતી આવશે. તમે તમારી આંગળીને પાણીમાં બોળી તેમાંહે ફેરવશો તો તે બધીતરફ ફરી શકશે અને ભાગ્યે કાંઇ અવરોધ જણાશે. આંગળી બહાર કહાડી લેશો તો પાણીમાં ખાડો રહેશે નહિ; આસપાસનું પાણી આંગળીએ રોકેલી જગા પૂરી દેવાને દોડી આવશે. જો બધાં આંગળાં એક એકને ઘણાં પાસે અડાડી ન રાખો તો પાણી આંગળાંમાં રહેશે નહિ, કેમકે આંગળાંના વચગાળામાંથી તે નીકળી જશે; ટકી રહે એવો તમે પાણીનો ઢગલો નહિ કરી શકો. આ સર્વ દર્શાવે છે કે પાણીના ભાગો એક એકની ઉપર ઘણી સહેલાઇથી ગતિ કરી શકેછે. પાણીવાળા પ્યાલાને એક ભણી નમાવતાં પણ તેજ માલૂમ પડેછે. એમ નમાવવાથી તેની એક બાજૂની કોર કરતાં પાણીની સપાટી તે કોરથી ઊંચી થાયછે, અને તે બિંદુએ પાણીને કેટલેક દરજ્જે પ્યાલાનો આધાર રહેતો નથી. ત્યાર પછી પાણીની ધાર વહી ભોંય પડેછે, ત્યાં તે પ્રસરે છે, અને નીચામાં નીચી તેનાથી જઇ શકાય તે જગ્યાએ જાયછે, અથવા આસ્તે આસ્તે ભોંયની ફાટોમાં ઉતરી જાયછે.

એમ પાણીના ભાગો એક એકના ઉપર ચડી જાયછે કે એક એ-

કથી ખશી જાયછે, તથાપિ કેટલીક હદમાં તે એક એકને વળગી રહેછે. પાણીના પૃષ્ઠને આંગળી વતી અડકીએ તો તેમાંનું થોડું તેને વળગી રહેછે; અને આંગળીને હળવે રહીને સંભાળથી ઊંચકીએ તો પાસેનું પાણી જોડે ઊંચું ચડી નાજુક સ્તંભ ભાગ્યા પહેલાં એટલી લંબાઈનો થશે કે જોઈ શકાય. તેમજ રાત્રે મસ ઝાકળ પડી હોય તો પરોઢીઆમાં ઝાડોનાં પાંદડાં ઉપર તથા ઘાસની પાંદડીઓ ઉપર તેના મોતીઆ (ગોળ ટીપાં) બાઝેલા દેખાયછે તેના ભાગો પણ એમ એક એકને વળગી રહેછે.

જે ભૌતિક વસ્તુઓના ભાગો એવા ખશી શકે કે જે વાસણમાં તેઓ હોય તેની માંહેની બાજૂઓને પૂર્ણ બેસતા આવે, અને જ્યારે તેઓને આધાર ન હોય ત્યારે વહી જાય તે વસ્તુઓને **પ્રવાહી*** કહેછે; અને જે પ્રવાહીના ભાગો એક એકથી છૂટા પડી ન જતાં પાણીના ભાગોની પેઠે એક એકને વળગી રહેછે તેઓ† **રેલો ચાલે તેવા પ્રવાહી** કહેવાયછે.

એ માટે પાણી રેલો ચાલે તેવું પ્રવાહી છે.

૧૬. पाणी लगभग असंकोचनीय छे.

જોવામાં આવ્યું કે બીજા સર્વ ભૌતિક પદાર્થોની પેઠે પાણી પોતે જે જગ્યા રોકેછે તેમાં બીજી કોઈ વસ્તુને પેસવા દેવામાં અવરોધ કરેછે. પરંતુ ઘણીક વસ્તુઓ અવરોધ કરેછે તેમ છતાં તેઓને દાબીને કે **સંકોચીને** નાના કદની કે ઓછી જગા રોકે તેવી કરી શકાયછે. પાણીને તો એમ થઈ શકતું નથી; બીજા પ્રવાહીઓની માફક તે લગભગ **असंकोचनीय** છે. લગભગ કહેવાનું કારણ એ કે તેના કદને જાણી શકાય એટલું નાનું કરવાને (ઓછી જગા રોકતું કરવાને) બહુજ દબાણની જરૂર પડેછે. લોઢાને દબાવવામાં જેટલી મુશ્કેલાઈ છે તેટલીજ પાણીજેવી દેખાઈતી નરમ ચીજને દબાવવામાં મુશ્કેલી

---

* ઈંગ્રેજીમાં એને " ફ્લુઇડ " કહેછે અને તેના પેટામાં વાયુરૂપ અને જળરૂપ પદાર્થોનો સમાવેશ થાયછે.

† રેલો ચાલે એવા પ્રવાહીને ઇંગ્રેજીમાં " લિકિવડ " કહેછે.

છે એ નવાઈ જેવું લાગે; પણ સહેલાઈથી પાણી પોતાનો આકાર બદલી શકેછે તેણે કરીને તે નરમ દેખાયછે; અને જો તેને તેનો આકાર બદલવા દેવામાં ન આવે તો તેના ભાગોને એક એકની વધારે પાસે ધકેલવા એ બહુ મુશ્કેલ છે. એવું સિદ્ધ થયું છે કે બંધીઆર સ્થળમાં પાણીને રાખવામાં આવે તો તે સ્થળના દર સમચોરસ ઇંચે પંદર પૌંડના દબાણથી તેમાંના પાણીનો $\frac{૧}{૨૦૦૦૦}$ મો ભાગ સંકોચાય છે. સાધારણ પીચકારી લેઈ તેના દાંડાનો દટ્ટો બરોબર બેસતો આવે એવો કરી તેવડે તેના નોકના કાણાને માર્ગે તેમાં પાણી ખેંચી તેને ભરો, પછી નોકને ઉપલી મેર કરી દાંડાને ધકેલી થોડું પાણી ઉરાડો; એથી નક્કી થશે કે પીચકારીમાં પાણી વિના બીજું કાંઈ નથી. હવે નોકના કાણાપર તમારી આંગળી એટલા જોરથી ચાંપી રાખો કે તે-માંથી પાણી નીકળી શકે નહિ, અને પછી બીજે હાથે દાંડાને અંદર ધકેલો. તમને માલૂમ પડશે કે ઘણું જોર કર્યા વિના તમે તેને અંદર પેસાડી શકશો નહિ; અને નજરે પડે એટલો ખસશે તો તેનું કારણ એ કે થોડા પાણીએ તેના દટ્ટાની બાજૂએથી ઉપર જઈ માર્ગ કરી આપ્યો. ખરેખર, જો પીચકારીના દટ્ટાનું પાણીને લાગેલું પૃષ્ઠ એક સમચોરસ ઇંચ હોય અને પીચકારીની નળીમાં બરાબર બેસતું હોય તથા તે નળીમાં પાણીનો સ્તંભ એક ઇંચ લાંબો હોય તો તે દટ્ટાને એક દશાંશ ઇંચ નીચે ધકેલવાને (એટલે તે પીચકારીમાંના પાણીને એક દશાંશ સંકોચવાને) ૩૦૦૦૦ પૌંડ (૭૫૦ મણ) નો ભાર લગાડવો પડે.

૧૭. भारनो अर्थ.

હવે આપણે ભાર કે વજનવિષે વિચાર કરીએ. જ્યારે કોઈ ચીજને ભોંય ઉપરથી ઉપાડવામાં કે હાથમાં ઝાલી રાખવામાં મહે-તન લાગેછે તેવારે આપણે કહીએ છીએ કે તે ચીજને ભાર છે. અથવા વળી ભોંયથી કેટલેક ઊંચે કોઈ વસ્તુ કોઈને આધારે રહી હોય તે આધાર જવાથી તે વસ્તુ પડેછે ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે તેને વજન છે. ભોંય એ પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ માત્ર છે; અને વજનદાર એટલે જેને ભાર છે એવા સઘળા પદાર્થોને કોઈ ટેકાવડે ત્યાંથી દૂર રાખ-

વામાં નથી આવતા ત્યારે તુરત તેઓ પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ભણી પડેછે તે ઉપરથી આપણે કહી શકીએ કે બધા વજનદાર પદાર્થોનું વલણ એ-પ્રમાણે પડવાનું છે. પૃથ્વીના પૃષ્ઠના હરકોઈ ભાગપર એ પ્રયોગ કરો ત્યાં એજ પ્રમાણે થવાનું. વરસાદ પાણીનાં ફોરાં કે ટીપાંનો બનેલો હોયછે, અને શાંત હવામાં એ ફોરાંને અહીં પડતાં જોઈએ કે અમેરિકામાં પડતાં જોઈએ તેમાં કાંઈ ફેર પડે નહિ; ફોરાં જમીન ભણી સીધાં પડેછે. પણ આપણે જાણીએ છીએ કે પૃથ્વી ગોળો છે અને અમેરિકા આપણી સામી બાજૂએ છે, અથવા પૃથ્વીના ગોળાને સામે પડખે અમેરિકા છે, માટે જો એકે વખતે આપણા દેશમાં અને અમેરિકામાં વરસાદ વરસેછે તો તેનાં ફોરાં સામ સામી દિશામાં એક એ-કની ભણી પડે; એટલે એ બેની વચ્ચે પૃથ્વીનું મધ્યબિંદુ છે તેની ભણી પડે. ખરેખરૂં એ છે કે સઘળા ભારવાળા પદાર્થોનું વલણ પૃથ્વીના મધ્યબિન્દુ ભણી પડવાનું છે—અર્થાત્ જો કાંઈ નડતર ન હોય તો તેઓ એપ્રમાણે પડેછે; અને જ્યારે આપણે ભાર કે વજનવિષે બો-લીએ છીએ ત્યારે આપણા બોલવાનો અર્થ એ પડવાનું વલણ છે. કાંઈ વસ્તુને ભારે કહેવી એનો અર્થ એજ કે જો તેને આધાર નહિ હશે તો તે ભોંયે પડશે એવું આપણે પૂરેપૂરૂં ધારીએ છીએ; અથવા જો આપણે પોતે તેને ટેકવીએ તો આપણે મહેનત પડ્યાનું લાગશે.

૧૮. गुरुत्व अने गुरुत्वाकर्षण.

ગુરૂત્વનો મૂળ અર્થ ભાર હતો, અને જે પદાર્થને ભાર હોય છે તે-નાપર પૃથ્વીના કેંદ્ર ભણી ગુરૂત્વાકર્ષણ થાયછે એમ કહેવાયછે. પણ હવણાં ગુરૂત્વનો અર્થ ભારથી વધારે બહોળો કરવામાં આવેછે, કેમકે અસંખ્ય નિરીક્ષાઓથી અને પ્રયોગોથી એવો સામાન્ય નિયમ કે સૃષ્ટિધર્મ (કુદરતી કાયદો) સિદ્ધ થયોછે કે પ્રત્યેક ભૌતિક દ્રવ્યનું વ-લણ પ્રત્યેક બીજા ભૌતિક દ્રવ્યની પાસે જવાનું છે; જેમ વરસાદનું ફોરૂં પૃથ્વી ભણી આવેછે તેમ હરકોઈ ભૌતિક દ્રવ્ય બીજા હરકોઈ ભૌતિક દ્રવ્ય ભણી જાયછે. કોઈ અટકાવનાર વચમાં ન હોય તો હર-કોઈ, ગમે તે જાતનાં, દ્રવ્યોના બે અંશ એક એકની તરફ જશે એ સત્ય છે.

આનો ખુલાસો કરવાને ધારો કે પાણીનાં બે ગોળ ટીપાં એજ માત્ર આખા વિશ્વમાં ભૌતિક પદાર્થો છે અને તેમાંના દરેકના વ્યાસની લંબાઈ એક દશાંશ ઇંચ. એથી બેઉ કદમાં અને દ્રવ્યના સમૂહમાં બરોબર હોવાનાં. એ બેની વચ્ચે છેટું ગમે એટલું હોય તોપણ તેઓ એક એકની ભણી આવવા માંડવાનાં; અને પ્રત્યેકની ગતિનો વેગ થોડે થોડે વધતો જઈ અંતે તેઓ મળશે. જે બિંદુમાં તેઓ મળશે તે તેઓનાં મૂળસ્થળોના અંતરને પૂર્ણ અર્દ્ધ ભાગે હોવાનું. પરંતુ એ બેમાંના એકનું કદ બીજાથી વધારે મોટું હોય તો મોટા ટીપાની ગતિનો વેગ ઓછો હોઈ તેઓના મેલાપનું બિંદુ મોટાના મૂળસ્થળની તેટલું પાસે હોવાનું. તો જો એ બેમાંનું એક ટીપું પૃથ્વી જેવડું મોટું હોય અને બીજું ઉપર ધાર્યું તેવડું હોય—વરસાદનાં ફોરાં જેવડું તો બંને જેટલા અંતરમાં ચાલ્યાં તેમાંનું મોટાએ ચાલેલું અંતર આપણા ધ્યાનમાંએ ન આવી શકે એટલું થોડું હોવાનું. મોટું ટીપું સંપૂર્ણ સ્થિર હોય અને નાનાને પોતાની ભણી ખેંચી લીધું એવું દીસે.

જ્યારે વાદળામાંથી વરસાદનું ફોરૂં પૃથ્વી ઉપર, કહો કે એક મૈલને છેટેથી, પડેછે ત્યારે એવુંજ બનેછે. પૃથ્વી અને ફોરાનાં મધ્યબિંદુઓને જોડનારી સીધી લીટીમાં જેમ ફોરૂં પૃથ્વી ભણી આવેછે તેમ પૃથ્વી તેની ભણી જાયછે. પરંતુ એ લીટીમાંના જેટલા ભાગપર પ્રત્યેક ગતિ કરેછે તેની લંબાઈ તેઓના દ્રવ્યસમૂહના **ઉલટા પ્રમાણમાં** છે, અર્થાત્ જેમાં એ સમૂહ જેમ વધારે તેમ તેણે ચાલેલા અંતરની લંબાઈ ઓછી. માટે આપણે ત્રિરાશિનો દાખલો કરવાનો છે. જેમ પૃથ્વીનો દ્રવ્યસમૂહ ફોરાના દ્રવ્યસમૂહને છે, તેમ એક મૈલ પૃથ્વી એ ચાલેલા અંતરને છે. આ હિસાબ કોઈ ગણે તો તેને માલૂમ પડે કે આ પ્રમાણનું ચોથું પદ લક્ષમાં નહિ આવે એટલું નાનું એક ઇંચનો અંશ છે. એમ હોવાથી બધા વ્યવહારિક અર્થે સર્વ પડતા પદાર્થોના સંબંધમાં પૃથ્વીને સ્થિર ગણી શકાય, કેમકે પૃથ્વીમાં જેટલો દ્રવ્યસમૂહ છે તેને મુકાબલે હરકોઈ પડતા પદાર્થનો દ્રવ્યસમૂહ કાંઈ લેખામાં નથી.

જે પાણીનેસારૂ ખરૂં છે તે, આપણા જાણવામાં છે તેટલેસૂધી, સઘળી જાતોના દ્રવ્યનેમાટે ખરૂં છે, અને તેઉપરથી આપણે કહીએ છીએ કે સર્વ પ્રકારના દ્રવ્યને ગુરૂત્વ છે એ સૃષ્ટિનો નિયમ છે; એનો અર્થ એ કે હરકોઈ એમાંના દરેકને બીજાની ભણી જવાનું વલણ છે, અને જેનામાં દ્રવ્યસમૂહ બીજાથી જે પ્રમાણમાં વધારે તે પ્રમાણમાં તેની ગતિનો વેગ ઓછો; અને તે બે પદાર્થો જેમ પાસે આવતા જાયછે તેમ એ વેગ થોડે થોડે વધે છે.

જેને એ **ગુરૂત્વાકર્ષણનો નિયમ** કહેછે તે આવા જોવામાં આવેલા બનાવોનું કથન બીજા અને વધારે સંપૂર્ણ રૂપમાં છે. (પદાર્થવિજ્ઞાનનું પ્રથમ પુસ્તક જુઓ.)

૧૯. भारनुं कारण; आकर्षण; बळ.

પદાર્થોમાં ભાર છે તેનું કારણ આપણા જાણવામાં બિલકુલ નથી. ગુરૂત્વાકર્ષણના નિયમનેલીધે પદાર્થો પડતા નથી (§ ૯); અને તેઓ શાવાસ્તે પડેછે તેનો ખુલાસો તેઓના ગુરૂત્વથી પણ થતો નથી. આગળ જણાવ્યું તેમ ગુરૂત્વ એ માત્ર ભારનું બીજું નામ છે, અને ગુરૂત્વાકર્ષણના નિયમના પદાર્થો **શીરીતે** એક એકની કને આવેછે તેનું કથન માત્ર છે, તેઓ **શામાટે** એમ કહેછે તે તેનાથી જણાતું નથી. ઘણીવાર કહેવામાં આવેછે કે ગુરૂત્વાકર્ષણ એ आकर्षण છે, અને પદાર્થો પૃથ્વી ઉપર પડેછે, કારણ કે પૃથ્વી તેઓને આકર્ષે છે. પણ આકર્ષવાનો અર્થ માત્ર ખેંચવું છે, અને આકર્ષણનો માયનો "ખેંચાણ" ઉપરાંત વધારે નથી; અને બે પદાર્થો એક એકની તરફ જાયછે ત્યારે તેઓ એક એકની ભણી "ખેંચાય" છે એમ કહેવું એ તો માત્ર બનાવને વર્ણવવું છે, અને તેથી આપણા જ્ઞાનમાં આગળ કરતાં કાંઈ વધારો થતો નથી, જો સંભાળ ન લઈએ તો ઉલટો એથી આપણા જ્ઞાનમાં ઘટાડો થાય. કેમકે "ખેંચવું" એ બોલનો સંબંધ દોરડાં, આંકડા, અને તાણવાની જોડે એટલો પાસે છે કે આપણા મનમાં સહેલથી એવી કલ્પના ઊઠે કે એક એકને આકર્ષણ કરનારા પદાર્થોની વચ્ચે એને મળતાં કોઈ અદૃશ્ય સાધનો કે યંત્રસામગ્રી હશે.

વળી ગુરૂત્વાકર્ષણને બળ કહેવામાં આવેછે; અને બળ શબ્દ ઘણો સાધારણ વપરાતો છે તેથી તેનો અર્થ આપણે શો કરીએ છીએ તેનો ખુલાસો કરીએ. જ્યારે કોઈ આદમી કોઈ વસ્તુને હડસેલીને કે તાણીને તેનાઉપર દબાણ કરેછે કે તેને ગતિ આપેછે ત્યારે તેને બળ લગાડ્યું કહેવાયછે. કુસ્તી કરનારનું બળ તેના વળગવામાં જણાયછે; દડો ફેંકનારનું બળ દડાની ગતિની શીઘ્રતાથી માલૂમ પડેછે.

માટે જે ગતિનું કારણ છે (જેવડે ગતિ ઉત્પન્ન થાયછે), અથવા દબાણની બાબતમાં જેનું વલણ ગતિ ઉત્પન્ન કરવાનું છે તેનું નામ આપણે બળ પાડ્યું છે. માટે ગુરૂત્વબળ એટલે જે પદાર્થોને ગુરૂત્વ છે તેઓને આપણે આધાર આપીએ છીએ ત્યારે જે દબાણ આપણને લાગેછે તેનું કારણ, તથા જ્યારે તેઓને ગતિ કરવાને છૂટ હોયછે ત્યારે પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ ભણીની તેમની ગતિનું કારણ; તથાપિ આ બનાવોનું આ જે કારણ છે તેજવિષે (આ કારણવિષે) આપણે કાંઈ જાણતા નથી.

સ્વાભાવિક વસ્તુઓથી અને જે કારણો અને કાર્યોની શ્રેણી નિરીક્ષા થઈ શકે તેવી છે તેઓથી જાણે ભિન્ન હોયલી ચીજોનાં નામો હોય તેમ ગણી આકર્ષણ અને બળ જેવા શબ્દનો યથાર્થ ઉપયોગ કરવાથી ઘણીક હાનિ થાયછે; વાસ્તવિક કહેતાં તેઓ તો કેટલાક બનાવોનાં અજાણાયલાં કારણોનાં નામ માત્ર છે. સાએન્સના અભ્યાસને આરંભે આવિષે સ્પષ્ટ વિચાર સંપાદન કરવાને શ્રમ કરવો યોગ્ય છે.

તો આપણે યાદ રાખીએ કે આપણા જાણવામાં એટલું આવ્યું છે કે હરકોઈ બે ભૌતિક પદાર્થો, તેઓને ગતિ કરવાને છૂટ હોય તો થોડે થોડે વધતી ઝડપથી એક એકની પાસે જાય એવો સૃષ્ટિનો નિયમ છે; અને તેઓનો મેળાપ થતાં અગાઉ પ્રત્યેક જેટલું અંતર ચાલેછે તે તેના દ્રવ્યસમૂહના પ્રમાણથી ઉલટું છે. આ સામાન્ય સત્યનું નામ **ગુરૂત્વાકર્ષણ** છે; પાર્થિવ પદાર્થોના સંબંધમાં એ સત્યનું નામ **ભાર** છે; એ સત્યના નહિ જણાયલા કારણનું નામ આપણે **બળ** પાડ્યું છે, તેઓ માત્ર નામ છે અને વસ્તુઓ નથી એ યાદ રાખીએ ત્યાંલગી એ નામોથી ખોટું પરિણામ ઉપજશે નહિ.

૨૦. पाणीनो भार तेना कद्ना प्रमाणमां छे.

એમ સામાન્ય ભારવિષે જ્ઞાન મેળવ્યા પછી હવે આપણે પાણીના ભારસંબંધી વિચાર કરીએ. આપણે કહીએ છીએ કે ખાલી પવાલાથી પાણી ભરેલું પવાલું વધારે ભારે છે, તેનું કારણ એ કે ખાલી પવાલાને ઉપાડવામાં જેટલી મહેનત પડેછે તે કરતાં ભરેલા પવાલાને ઉપાડવામાં વધારે મહેનત પડેછે. પવાલામાં જેમ પાણી વધારે તેમ તેને ઊંચકવામાં મહેનત વધારે લાગેછે. પાણીથી ભરેલો ઘડો એથી વધારે ભારે લાગેછે, પણ તેજ ઘડો ખાલી હોયછે ત્યારે હલકો લાગેછે; અને મોટો ગોળો ખાલી હોયછે તો ખસેડી શકાયછે, પણ પાણીથી ભરેલો હોયછે ત્યારે ખસેડી શકાતો નથી. એપરથી એમ જણાયછે કે પાણીનો સમૂહ કે જથો એટલે કદ જેમ વધારે તેમ તેનો ભાર વધારે અને જેમ તેનું કદ ઓછું તેમ તેનો ભાર ઓછો હોયછે. પરંતુ આપણી હથેળીમાં પાણીનું એક ટીપું મૂકીએ છીએ તો તે જરાએ ભારે લાગતું નથી. તથાપિ એમ હોય નહિ, કેમકે તે ટીપું ભોંયે ઝટ પડેછે, અને તેથી તેને વજન હોવું જોઇએ. વળી થોડાંક હજાર ટીપાંથી પવાલું ભરાય, અને એક હજાર ટીપાંમાં કાંઈ ભાર છે તો એક ટીપામાં તે ભારનો એક હજારાંશ ભાર હોવોજ જોઇએ. સત્ય એ છે કે પાણી ઊંચકવાની મહેનતવડે ભારનું માપ માત્ર જેવું તેવું કાચું થઈ શકે, અને નાના બોજાનો મુકાબલો તેવડે થઈ શકતો નથી એટલુંજ નહિ, પણ જો સહજ ભાર હોય તો તે જણાતોએ નથી. ભારવિષે ખરૂં જ્ઞાન તોળવાનું ઓજાર બનાવેલું હોયછે તેવડે મેળવી શકાયછે.

૨૧. तोळवुं. त्राजवां.

એ ઓજારને આપણે ત્રાજવાં કે કાંટો કહીએ છીએ, અને બધી દુકાનોમાં તે હોયછે. એને એક દાંડી હોયછે તેને તેના વચલા ભાગથી ઊંચકી કે ટેકવી શકાય એવી જુક્તિ કરેલી હોયછે. એ દાંડીને પ્રત્યેક છેડે પલ્લું કે દામ બાંધેલું હોયછે. બંને છેડાનાં પલ્લાં ખાલી હોયછે તે વારે એ દાંડી ક્ષિતિજસમસૂત્ર રહેછે (એટલે બરોબર

આડી રહેછે); પણ જેમાં ભાર હોય એવી કોઈ ચીજ તેમાંના એકમાં મેલીએ છીએ એટલે તે નમે છે, અને બીજું ઊંચું ચડેછે. હવે જો તમે તે ખાલી પલ્લાને નીચલી મેર ખેંચો કે દાબો તો દાંડી પાછી ક્ષિતિજસમસૂત્ર થાય અને સામેના દામમાં મૂકેલી વસ્તુ જેમ વધારે ભારે તેમ દાંડીને ક્ષિતિજસમસૂત્ર કરવાને મહેનત વધારે પડશે. એક દામમાં એક તોલો હોય તો બીજાને આંગળીવતી દાબી સહેલથી ઊંચું લાવી શકાય. એક શેરનેમાટે વધારે મહેનત પડે; દશ શેરનેમાટે હાથે દાબવું પડે; પચાસ શેરનેમાટે તેથી વધારે મહેનત પડશે; અને બસેં શેર એક પલ્લામાં હોય તો બીજાને બહુ જોરથી દાએથી પણ નમાવી શકાશે નહિ.

ધારો કે ખાલી પલ્લાને દાબ્યાને બદલે તેમાં ભારવાળી કોઈ વસ્તુ મેલીએ તો બીજા દામમાં જેટલો ભાર છે તેટલો તેમાં થાય એટલે દાંડી ક્ષિતિજસમસૂત્ર થાયછે. તો હવે એમ થયું કે એક પલ્લાને પૃથ્વીના કેંદ્ર ભણીજવાનું જેટલું વલણ છે તેટલું બીજા પલ્લાને છે, અને બંનેમાંનું હરકોઈ બીજાને ઉપર ખેંચ્યાવિના નીચે જઈ શકે નહિ તેથી તેઓ એક એકના વલણને રદ્દ કરેછે. બે સરખા કૌવતવાળા છોકરા એક એકને ખેંચતા હોય તેમ થાયછે; જ્યાંસુધી સામસામી દિશામાં ખેંચાણ સરખું હોયછે ત્યાંસુધી બેમાંનો એક છોકરો ખશી શકે નહિ; પરંતુ અતિ થોડા જોરનો એકનામાં ઉમેરો થવાથી તે સામાવાળાને ખેંચી શકે.

२२. सरखी स्थितिमां पाणीना सरखा कद के समूहनो भार सदा सरखो होय छे. समूह, घटत्व.

હવે માપવાને આંકા પાડેલાં બે પાતળા કાચનાં પ્યાલાં લો, અને તેમાંનું એક ત્રાજવાના એક પલ્લામાં મૂકો અને બીજું બીજા પલ્લામાં મૂકો. બે પલ્લાને સમતોલ કરવાને જેમાં ખુટતું હોય તેમાં કાંઈ વજન મૂકી દાંડી બરોબર ક્ષિતિજસમસૂત્ર રહે તેમ કરો. કાંટો સારો હશે તો એ બેમાંના હરકોઈ પ્યાલામાં પાણીનું એકજ ટીપું મૂકવાથી પણ

તેનું પલું નમશે, અને દર્શાવશે કે તે ટીપામાં ભાર છે. બેઉ પ્યાલાપર પાડેલા માપના આંકા ખરા હશે તો દાંડીને ક્ષિતિજસમસૂત્ર રાખવાને જેટલું પાણી એકમાં રેડશો તેટલુંજ બીજામાં રેડવું પડશે. એથી સ્પષ્ટ જણાય છે કે **સરખી સ્થિતિમાં પાણીના સરખા સમૂહનો ભાર સદા સરખો છે.**

૧૮ મી કલમમાં કહ્યું છે કે પદાર્થોમાં એક એકની ભણી સાપેક્ષ વેગથી જવાનું વલણ છે, અને તેઓના દ્રવ્યસમૂહના ઉલટા પ્રમાણમાં એ સાપેક્ષ *વેગ છે. પણ એ દ્રવ્યસમૂહનું માપ આપણે શી રીતે કરવું? જેટલો અવકાશ રોકે તે ઉપરથી કરવું? એટલે તેના કદવડે? અથવા પદાર્થના ભારવડે તેના દ્રવ્યસમૂહનું માપ કરવું? તમે થોડી વારમાં શીખશો કે પદાર્થોના કદમાં તેઓ ઉપર બીજા પદાર્થોના દબાણના ફેરફાર પ્રમાણે સદા ફેરફાર થાયછે, અને વિશેષે કરીને જે તાપ તેઓને લાગેછે તેમાં વધ ઘટ પ્રમાણે તેઓનાં કદ વધેછે કે ઘટેછે; પરંતુ તેના તેજ પદાર્થોનો ભાર પૃથ્વીના પૃષ્ઠના તેના તેજ બિંદુપર કદી બદલાતો નથી, માટે કોઈ પદાર્થમાં દ્રવ્યસમૂહ કેટલો છે તેનું માપ તેના ભારવડે કરી શકીએ; એપરથી એમ નીકળેછે કે કોઈ પદાર્થમાં તેટલોજ ભાર છતાં કદ વધારે મોટું હોય તો તેના કદના પ્રમાણમાં તેનું દ્રવ્ય ઓછું અને તેટલુંજ વજન છતાં કદ નાનું હોય તો તેના કદના પ્રમાણમાં દ્રવ્ય વધારે. હરકોઈ પદાર્થનું ઘટત્વ તેના કદના પ્રમાણમાં તેના ભારવડે જણાયછે.

તો જે પાણીને વાસ્તે ખરૂં છે તે બીજા બધા પદાર્થો કે ભૌતિક વસ્તુઓને વાસ્તે ખરૂં છે. ધારો કે એક પલામાંના માપમાંનું પાણી કાઢી નાંખી તેની જગામાં બરોબર જોઇએ તેટલા કદનો સીસાનો કકડો મૂકેથી ત્રાજવાની દાંડી ક્ષિતિજસમસૂત્ર થાયછે. હવે સીસાના એ કકડાનો ભાર તેટલા પાણીના ભારની બરાબર થયો; અને લોઢાનો કે પીતળનો કે ત્રાંબાનો કકડો તે સીસાના કકડાની સ-

* આપેલા વખતમાં પદાર્થ જેટલો અંતર કાપે તેવડે તેનો વેગ કે ઝડપ માપવામાં આવેછે. બે પદાર્થોમાંનો એક એક સેકંડમાં એક ફુટ ચાલે અને બીજો બે ફુટ ચાલે તો બીજાને વધારે સાપેક્ષ વેગ છે.

મતોલ થાય તેનો ભાર પણ તેટલા પાણીના ભારની બરોબર છે, અથવા તેઓનો ભાર એક એક જેટલો છે. પરંતુ દેખાઈતું છે કે સીસાના કે લોઢાના કે પીતળના કે ત્રાંબાના કકડાના ભાર જેટલા પાણી જોડે સમતોલ થાયછે તેના કરતાં તેનું કદ ઓછું છે. એપરથી એમ નીકળેછે કે એ ધાતુઓનાં ઘટત્વો એટલે તેટલા કદમાં રહેલો દ્રવ્યસમૂહ પાણીના તેમના જેટલા કદમાં રહેલા દ્રવ્યસમૂહથી વધારે છે.

વેપારમાં જોખવાના કામને માટે જેને કાટલાં કહીએ છીએ તેઓ લોઢાના કે સીસાના કે પીતળના કે ત્રાંબાના કકડા છે. તેઓનો ભાર અમુક અવસ્થામાં અમુક પાણીના કદની પૂર્ણ બરોબર છે. **એમ એક ઇમ્પીરિઅલ ગાલનનું તોલ દશ પાઉંડ થાયછે, અને એક ઇમ્પીરિઅલ પાઇંટનું તોલ સવા પાઉંડ થાયછે.**

૨૩. જુદી જુદી વસ્તુઓનાં તેજ અવસ્થામાં સરખાં કદોના ભાર જુદા જુદા હોયછે,—જુદા જુદા પદાર્થોનાં ઘટત્વો જુદાં જુદાં હોયછે.

જે અગત્યનું સત્ય હમણા કહ્યું તેવિષે વધારે પૂર્ણ વિચાર કરવો જોઇએ. સવા પાઉંડના ભાર જેટલું પાણી એક ઇમ્પીરિઅલ પાઇંટના માપ જેટલો અવકાશ રોકેછે એ આપણે જોયું; અને તેટલા ભારના પાણીનું **કદ** અવકાશ જેટલું છે. પરંતુ જો તમે સાધારણ એક પાઉંડનું કાટલું અને સવા પાઉંડનું કાટલું લેશો અને તેઓને ઇમ્પીરિઅલ પાઇંટના માપમાં મૂકશો તો તમને માલૂમ પડશે કે તે માપું તેઓથી ભરાઈ ન જતાં તેના અંદરના અવકાશનો અથવા બીજા બોલમાં કહીએ તો તેની મવરાવવાની જગ્યાનો માત્ર ઘણો થોડો ભાગ રોકશે. એથી એમ જણાયું કે એક પાઉંડ અને સવા પાઉંડ લોઢાનાં કે સીસાનાં કે પીતળનાં કે ત્રાંબાનાં કાટલાંનું કદ તેટલા ભારના પાણીના કદથી ઘણું ઓછું છે; અર્થાત્ ધાતુનું **ઘટત્વ** પાણીના **ઘટત્વથી** વધારે છે; તેટલાજ કદમાં દ્રવ્યસમૂહ અથવા ગુરૂત્વ વધારે છે. એવિષે બીજો પ્રયોગ કરીએ. આપણે જે કાચના

પ્યાલાથી આગળ પ્રયોગ કર્યો હતો તે પ્યાલો પાછો ત્રાજવામાં મૂકો અને તેને અર્ધો પાણીએ ભરો અને પ્યાલાની બાજૂએ પાણીનું મથાળું જ્યાં જ્યાં લાગેલું છે ત્યાં આંકો કરો. એ પ્યાલું અને પાણી તોળાય તેટલાં કાટલાં સામા પલ્લામાં મૂકો. પછી પાણીને પ્યાલામાંથી કાઢી નાંખી તેને લુંછી નાંખી કોરૂં કરો અને સંભાળથી તેમાં બરોબર એ આંકડાસૂધી ઝીણી રેતી ભરો. એ રેતીનું કદ પાણીના કદની સમાન થયું; પણ પાણીને સમતોલ જે કાટલાં બીજા પલ્લામાં છે તેઓથી એ રેતી તોળાશે નહિ અને બીજાં કાટલાં ઉમેરવાં પડશે, માટે સરખે કદે પાણી કરતાં રેતી વધારે ભારે છે. હવે રેતી કાઢી નાંખી લાકડાનો વહેર તેજ આંકા લગી ભરો અને તેને તોળો. જે કાટલાંથી પાણી જોખાયું તેથી ઓછા વજનના કાટલે એ વહેર જોખાશે. માટે સરખે કદે વહેર પાણીથી ઓછો ભારે છે. એજ રીતે મધાર્ક અને તેલને તોળવાથી તેઓ પાણી કરતાં હલકાં માલૂમ પડશે; પણ ગોળ પાણીથી ભારે અને પારો ઘણો વધારે ભારે જણાશે.

૨૪. भारे अने हलकानो अर्थ,—विशेषगुरुत्व.

भारे अने हलकुं એ શબ્દોને કાંઇક બેફિકરાઇથી વાપરવાની આપણને ટેવ છે. જે ચીજો સહેલથી ઊંચકી શકાય છે તેઓને આપણે હલકી કહીએ છીએ અને જેઓને ઉપાડવી કઠણ પડેછે તેઓને ભારે કહીએ છીએ. પવનથી આસપાસ ઊડેછે તે રેતીને આપણે હલકી અને લાકડાના ઢીમસાને ભારે કહીએ છીએ; તોપણ સરખે કદે લાકડું રેતીથી ભારે છે એ હમણાજ જોયું. આવા દ્વીઅર્થી વચનથી છૂટવાને હરકોઈ રેલો ચાલે તેવી પ્રવાહી વસ્તુના અથવા હરકોઈ ઘનપદાર્થના સમૂહ કે કદના ભારને, કોઈ જાણેલી ઉષ્ણતા અને દબાણવાળા તેટલાજ સમૂહ કે કદના પાણીના ભારના પ્રમાણમાં તેનું **विशेषगुरुत्व** કહેવામાં આવેછે. પાણીને ૧ લેઈ, જે પદાર્થનું કદ તેટલાજ કદના પાણીથી બમણું ભારે હોય તેના વિશેષગુરૂત્વને ૨ કહેવામાં આવેછે; જો ત્રણ ગણું હોય તો ૩; સાડાચાર ગણું હોય તો ૪.૫, અને

એમ જેટલું હોય તે પ્રમાણે. એમ હરકોઈ રેલો ચાલે તેવા પ્રવાહીનું અથવા હરકોઈ ઘનપદાર્થનું વિશેષગુરૂત્વ સરખી સ્થિતિમાં પાણીના ઘટત્વના પ્રમાણમાં તેનું ઘટત્વ જણાવવામાં આવેછે. લાકડાના વહેરને, તેલને અને મદ્યાર્કને પાણીથી ઓછું વિશેષગુરૂત્વ છે; તથાપિ ગોળને, રેતીને અને પારાને પાણીથી વધારે વિશેષગુરૂત્વ છે. એ અર્થમાં પહેલા કહેલા ત્રણ પદાર્થો હલકા છે, અને પછીના ત્રણ ભારે છે.

२९. पाणीथी जे पदार्थोनुं विशेषगुरुत्व वधारे तेओ पाणीमां डूबेछे; जेओनुं विशेषगुरुत्व पाणीथी ओछुं तेओ पाणीमां तरेछे.

આ બંને પ્યાલામાં પાણી છે. એમાંના એકમાં રેતી નાંખો, અને બીજામાં લાકડાનો વહેર નાંખો ને જુઓ શું બનેછે. રેતી ડૂબી તળીએ બેસેછે અને વહેર મથાળે તરેછે. આપણે જોઇએ એટલાં તેઓને ડોહોળીએ, પરંતુ રેતી નીચે ઠરવાની અને તેટલીજ હદથી વહેર ઉપર મથાળે આવેછે. એમ જે ચીજ સરખે કદે પાણીથી હલકી છે તે તરેછે, અને ભારે છે તે ડૂબેછે. તેમજ જો પાણીમાં તેલ રેડીએ છીએ તો તે તરેછે, અને જો રંગીત મદ્યાર્ક રેડીએ તો તે પણ તરતો દેખાયછે; પણ લોઢાના વહેરની પેઠે ગોળ અને પારો ડૂબી તળીએ જાયછે.

લોઢું પાણીથી ભારે છે માટે જુઓ તેનો વહેર ડૂબ્યો. જે કલાઈ દીધેલા લોઢાના પાતળા પત્રાની ડાબડીઓ બનાવેછે તેવું આ પત્રું છે. એને પાણીમાં મૂકીએ તો શું થશે? સરખે કદે તે પાણીથી ભારે છે અને તેથી તે ડૂબશે. જુઓ એ ડૂબેછે.

પણ જુઓ એજ જાતના પત્રાનો આ ડબ્બો છે. એને આ પાણીમાં મૂકીએ. જુઓ તે જરાએ બૂડતો નથી, પણ જાણે બૂચનો બન્યો હોય તેમ તરેછે. તો અહીં ગુંચ આવી. હવણાંજ આપણી ખાતરી થઇ હતી કે લોઢું પાણીથી ભારે છે, અને આ લોઢાનો ડબ્બો તરેછે! શું એ નિયમનો અપવાદ હશે? જરાએ નહિ; આપણે પૂર્વે

કહી ગયા તે એ હતું કે જે વસ્તુ સરખે કદે પાણીથી હલકી હોય તે તરે. હવે આપણે એ ડબ્બાને જોખીએ, અને એને જોખ્યા પછી એના જેટલા કદના પાણીનું તોલ કેટલું છે તે જાણવાની તજવીજ કરીએ. એ સહેલથી કરી શકાશે, કેમકે એ ડબ્બાની બાજૂઓનાં પત્રાં ઘણાં પાતળાં છે તેથી અંદરનું પોલ લગભગ ડબ્બાના જેવડું છે. માટે એ ડબ્બો પાણીથી ભરી તેને તોળીએ તો લગભગ એ ડબ્બાના જેટલા કદના પાણીનું વજન માલૂમ પડશે. એમ કરેથી જણાશે કે ડબ્બામાંના પાણીનો ભાર ડબ્બાના ભારથી ઘણો વધારે છે. ડબ્બો લોઢાનો બનેલો છે તોપણ એ કારણને લીધે સરખે કદે ખરેખરો પાણીથી હલકો છે, અને તેથી તે તરેછે.

હવણાં લોઢાનાં વહાણો સાધારણ થઇ ગયાં છે, તે તમારા સર્વેના સાંભળવામાં આવ્યું હશે, અને તમને આશ્ચર્ય લાગ્યું હશે કે એક એક સાથે જડી લીધેલાં અને વજને હજારો ટન જાડાં પત્રાંનાં બનેલાં વહાણો ડૂબી કેમ જતાં નથી; પણ તેઓ આ લોઢાના કલાઈ દીધેલા ડબ્બાથી માત્ર બહુ મોટા ડબ્બા જાણે છે, અને તેઓ તરેછે તેનું કારણ એ કે દરેક વહાણનો ભાર તેના કદના પાણીના ભારથી ઓછો છે.

પોતાથી હલકી વસ્તુઓને ઊંચકી રાખવાના આ પાણીના ગુણે કરીને તથા રજકણોનો સહેલથી ખશી શકવાનો બીજો ગુણ પાણીમાં છે તેથી સમુદ્રો, નદીઓ, અને નહેરો માણસ જાતના ધોરી રસ્તા થઇ પડ્યા છે.

કેમકે પાણીમાં તરાવી શકાય નહિ એટલી ભારે કોઈ ચીજ નથી, માત્ર એટલું જોઇએ કે જે પેટીમાં તેને મૂકી હોય તે એટલી મોટી હોવી જોઇએ કે તે પેટી અને તેમાંના ભારનો બોજો તેટલાજ કદના પાણીના બોજાથી ઓછો હોવો જોઈએ. પાણીના રજકણો એટલી સહેલાઇથી ખશી શકેછે કે એ બોજાને એ પ્રમાણે તરતો કર્યા પછી પવનવડે કે હલેસાથી, કે પૈડાના આરાનાં પાટીઆંવડે તે પાણીમાં થઈ એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ ઝટ જઈ શકેછે.

२६. जे पदार्थ पाणीमां तरेछे तेना भारनी बरोबर जेटला पाणीनो भार थाय तेटला पाणीनी जग्या ते पदार्थ पाणीना पृष्ठनी सपाटीनी नीचे रोकेछे; बीजा बोलमां कहीए तो **पोताना वजन जेटला वजनना पाणीने खसेडेछे.**

એક ઘન ઇંચ પાણીનો ભાર આશરે બસેં ને સાડીબાવન ગ્રેન છે.* ધારો કે જે ડબ્બાવડે આપણે પાછળ પ્રયોગ કર્યો હતો તે સમચોરસ છે, અને તેનું કદ સો ઘન ઇંચ છે; તો તેના જેટલા કદના પાણીનો ભાર ૨૫,૨૫૦ ગ્રેન થશે. એ ડબ્બાનું તોલ ૮,૪૧૬ ગ્રેન હોય તો તેના કદનો એક તૃતીયાંશ પાણીમાં બૂડશે; જો તેનું વજન ૧૨,૬૨૫ ગ્રેન હોય તો તેનો અર્ધો ભાગ ડૂબે; જો તેનો ભાર ૧૬,૮૩૨ ગ્રેન હોય તો તેનો બે તૃતીયાંશ ભાગ ડૂબે; એમ બોજાના પ્રમાણમાં ડૂબશે. અથવા જો તે ડબ્બો તરતો હોય તે વેળા પાણીની સપાટીએ બરોબર લાગેલી તેની બાજૂપર આંકો કરો તો પાણીની સપાટીની નીચે રહેલા તે ડબ્બાના ભાગનું કદ જાણી શકાય. ધારો કે ત્રીશ ઘનઇંચ છે તો તે ડબ્બાનું વજન ૩૦×૨૫૨.૫ અથવા ૭,૫૭૫ ગ્રેન થશે. એ ઉપરથી એમ કહેવાઈ શકે કે તરતા પદાર્થનો પાણીની અંદર રહેલો ભાગ, જેટલું પાણી તે ખસેડેછે તેટલાને ઠામે રહેછે, અને જાણે તે કેટલું છે તે દર્શાવેછે. તરતા ડબ્બાને તમે નીચે દાબો તો તે જેમ નીચે ઉતરેછે તેમ પ્રતિરોધ થતો લાગેછે, અને દબાણ ખસેડી લેતાં તે પાછો ઊંચે આવેછે. માટે તરતા પદાર્થને તળીએ પાણી ઉપલી મેર દાબેછે. વળી તેનાં પાસાંઓ ઉપર પણ દબાણ કરેછે; જો એ ડબ્બાની બાજૂઓ બહુ પાતળી હશે તો તેઓમાંહેલી મેર વળી જશે. પાતળા કાચના સીસાને બૂચનો દાટો સજ્જડ લગાવી

---

*લગભગ પચાસ ગ્રેનની બરોબર પા તોલો એટલે બસેં ગ્રેનનો એક તોલો થાયછે. એમ એક ઘન ઇંચ પાણીનો ભાર સવા તોલાથી જરા વધારે છે. ભા. ક.

ઊંડા પાણીમાં મૂકીએ તો પાણી બૂચને સીસાની અંદર ઉતારી દેશે અને તેમ નહિ થઈ શકે તો સીસો ભચડાઇને ફૂટી જશે.

૨૭. पाणी बधी दिशाओमां दबाण करेछे.

એ પાણીનું દબાણ તેની અંદર રહેલી ચીજો ઉપર સઘળી મેર થાયછે.

લાંબી લાકડાની કે ધાતુની નળીને નીચલે છેડે પાણી રેડીએ તો પ્રથમ બૂચની ઉપરનો નળીનો ભાગ પાણીથી ભરાશે, અને તે પાણીનો ભાર એ બૂચની ઉપર અમુક દબાણ કરશે. જો નળીને તળીએ હથેલી ચાંપીને લગાડીને છેડો બંધ કરીએ તો તેમાંના પાણીના નીચલી ગમના દબાણને અવરોધ કરવાને અમુક જોર કરવું પડશે. ભુંગળીમાં જેમ પાણી વધારે એકઠું થશે તેમ એ દબાણ વધતું જશે, અને તે એટલું વધશે કે હથેલીને દૂર કરશે કે બૂચને બહાર ખસેડી દેઈ પાણી જમીન ઉપર પડશે. એમાં પાણીના ભાર જેટલું દબાણ થશે, અને તેટલા વજનનો સીસાનો સળીઓ પણ એજ પ્રમાણે બૂચને ખસેડી નાંખશે.

ધારો કે નળી સમચોરસ છે, અને તેની અંદરની બાજૂનું માપ બધીમેર બરોબર એક ઈંચ છે. તો નળીની એક ઈંચ ઊંચાઈ સુધીના ભાગમાં એક ઘન ઈંચ પાણી માશે. એક ઘન ઈંચ પાણીનો ભાર બસેં સાડીબાવન ગ્રેન છે, માટે શુમારે બે ફુટ ને સાડાત્રણ ઈંચ લગી તેમાં પાણી ભરીએ તો તે પાણીનો ભાર એક પૌંડ (સાત હજાર ગ્રેન) થશે, અને પંદર પૌંડ પાણી એવી નળીમાં રેડીએ તો તે તેમાં ૩૩ અને ૩૪ ફુટ એ બેની વચગાળે સૂધી ઊંચું રહેશે. આ બે વજનો (એક પૌંડ અને પંદર પૌંડ) પાણીના બે સ્તંભોના દબાણનું તોલ કે માપ છે; પાણીના સાડીસત્તાવીસ ઈંચ ઊંચા સ્તંભનું દબાણ સમચોરસ એક ઈંચપર એક પૌંડ છે, અને લગભગ ચોવીસ ફુટ ઊંચા પાણીના સ્તંભનું દબાણ તેની નીચેના પૃષ્ઠના સમચોરસ ઈંચ ઉપર પંદર પૌંડ છે.

સીસાનું વિશેષગુરૂત્વ (૨૪ મી કલમ જુઓ) ૧૧·૪૫ છે. બીજા

બોલમાં કહીએ તો પાણીથી સીસું આશરે સાડાઅગીઆર ગણું ધાડું છે. સીસાનો સમચોરસ કાપેલો સળીઓ બાજૂએ (ચારેમેર પહોળાઇમાં) એક ઇંચ અને ઊંચાઈમાં પાણીના સ્તંભથી $\frac{1}{11}$ થી કાંઈક ઓછો હોય તેને પાણીની જગ્યાએ નળીમાં મૂકીએ તો તળીએ તેના જેટલું દબાણ કરશે.

સીસાની અને પાણીની વચ્ચે આ બાબતમાં એક ભેદ છે, તે પાણીના પ્રવાહીપણાને લીધે છે. નળીની બાજૂઓ ઉપર સીસું દબાણ કરતું નથી, પાણી કરેછે. નળીની પાસે નળીની બાજૂમાં નાનું કાણું પાડી તેને બૂચથી બંધ કરીએ તો તે બૂચ ઉપર સીસું દબાણ નહિ કરે, તથાપિ નળીમાં પાણી જોઇએ તેટલે ઊંચે લગી હશે તો પહેલાં જેટલાજ જોરથી પાણીએ બૂચને બહાર ધકેલી મૂક્યો હતો તેટલાજ જોરથી આ વખતે ધકેલી મૂકશે. એમ પાણી જેટલા બળથી નીચલીગમ દબાણ કરેછે તેટલાજ બળથી બાજૂઓ ઉપર કરેછે. નીચલે છેડે કાટખૂણે વળેલી અને બેસતા બૂચવાળી લાંબી કાચની નળીને વાંસની કે લાકડાની ભુંગળીની બાજૂમાં બેસેથી આવિષે સહેલથી ખાતરી થશે. જે ઊંચાઇએ ભુંગળીમાં પાણી હશે તેજ ઊંચાઈએ નળીમાં તુરત તે ચડશે. એ ઉપરથી સ્પષ્ટ માલૂમ પડેછે કે બાજૂના હરકોઈ બિન્દુપર પાણીનું દબાણ છે ને તે બિન્દુ ઉપરના ઊભા દબાણની બરોબર છે; કેમકે બહારની ભણીનું દબાણ ભુંગળીની અંદરના ઊભા દબાણથી સમતોલ થાયછે. ઝારીમાં પાણી ભરીએ છીએ તે તેમાં અને તેના નાળચા (નાળવા) માં હમેશ સરખી ઊંચાઇએ રહેછે.

ઊભા ટીલા (U) ના આકાર જેવી વાળેલી કાચની નળીમાં પાણી રેડીએ તો તે તેના બંને હાથામાં સમાન ઊંચાઇએ રહેશે. એવી નળીના વાંકનો આકાર ગમે તેવો હોય, કે બંને હાથાની પહોળાઇમાં અને લંબાઈમાં ભેદ હોય કે નળી ગમે એવી ઢળતી હોય તોપણ એજ થશે.

અને એમ હોવુંજ જોઈએ, કેમકે એ પાત્રના બેમાંના એક મુખમાંથી પાણીને જે બળથી નીકળી જવાનું બળ છે તેનો આધાર

તે મુખથી પાણીના પૃષ્ઠની *ઊભી ઊંચાઈ ઉપર છે; એથી કરીને સમાન ઊભી ઊંચાઇના હરકોઈ જળસ્તંભથી તે સમતોલ રહેવું જોઇએ.

બે છેડે ઉઘાડી કાચની નળીને પાણીવાળા વાસણમાં મૂકેથી એક જળસ્તંભ બીજા જળસ્તંભને લાગેલો હોય તો બેઉ સમાન ઊંચાઈએ રહેછે, તે એથીએ વધારે સાદા પ્રયોગથી જણાશે. એ નળી ગમે એટલી વળેલી હશે, તેનો નીચલો છેડો પહોળો હશે કે સાંકડો હશે, પરંતુ તેની અંદરના જળસ્તંભની સપાટી બહારના જળની સપાટીની સમાન રહેશે. એ કારણ કાચની નળીમાંનું પાણી નીચલા ભાગ સિવાયના બાકીના પાણી જોડે લાગેલું નથી.

સારી ગોઠવણવાળાં શહેરોમાં દરેક ઘરને નાની નળીઓવડે પાણી પૂરૂં પાડવામાં આવેછે. છેલ્લા (સર્વેથી ઊંચા) માળસુધી એ નળીઓ હોયછે. ઘરને મથાળે ટાંકી હોયછે તેને જોડેલી નળીઓની વાટે ઘરની બીજી બધી નળીઓમાં પાણી જાયછે. રસ્તામાં મોટો નળ હોયછે તેને સાંધેલી એક નાની નળી ઘરમાં આવી મથાળાની ટાંકીસાથે જોડાયછે. ટાંકીએ પહોંચ્યા પહેલાં ઘણાંક ઘરોમાં તેને અનેક દિશાઓમાં વાંકી વાળેલી હોયછે. એ નળીનું પાણી ટાંકીમાં પડેછે અને તેમાંથી ઘરની બીજી નળીઓમાં વહેછે. એ મોટા નળનું પગલું કાઢશો તો તમને માલૂમ પડશે કે તે બાંધેલી સડકની નીચે લાંબેથી ઊંચો ચડતો અને નીચે ઉતરતો આવેછે અને અંતે "પાણી કામ" ને મળેછે. ત્યાં તમે જોશો કે તે મોટો નળ મોટા ટાંકાની સાથે જોડાયલો છે; જે જે ટાંકીઓમાં તથા કુંડીઓમાં મોટા નળમાં થઈ પાણી પડેછે તેઓથી એ ટાંકું વધારે ઊંચાઇએ હશે, અથવા તો તેમાંથી વહેનારા પાણીને માર્ગમાં તેટલી ઊંચાઇએ ચડાવવાનો પમ્પ (બમ્બો)

---

* પાણીના પૃષ્ઠથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠપર લંબ લીટી દોરીએ, તે લીટીની જે ઊંચાઈ તે ઊભી ઊંચાઈ છે. દોરીને છેડે વજન બાંધેલું હોયછે તેને ઓળમ્બો કહેછે. દોરીને ઊભી પકડીએ છીએ ત્યારે તે વજન લટકતું રહેછે. વજન લટકતું રહે તેવી રીતે દોરીનો બીજો છેડો પાણીના પૃષ્ઠની સામો રાખવાથી ઓળમ્બાની દોરી જે દિશા દેખાડેછે તે ઊભી ઊંચાઈ છે.

હશે. એમ તે ટાંકું, મોટો નળ, અને ઘરમાંની નળીઓ મળી એક મોટો ટીલા ૩૫ U નળ બનેછે, અને ઘરની નળીઓમાંના પાણીને મોટા ટાંકામાંના પાણીની સપાટીની ઊંચાઈ સૂધી કે પંપથી ચડાવેલા પાણીની ઊંચાઇ લગી ચડવાનું બળ છે, અને તેણે કરીને પાણી લેવાની નળીનો કાક ઉઘાડવાથી પાણી ટાંકીમાં પડેછે.

૨૮. ગતિમંત પાણીની ગતિનો પ્રવેશ બીજી વસ્તુમાં; વહેતા પાણીની ગતિનું બળ.

ધારો કે લાકડાના કુંડાને પડખે તળીઆની પાસે નાની નળી છે, અને તે નળીનું મોઢું ઉઘડે અને બંધ થાય તેવું તેને ઢાંકણું છે. એ નળીના વાઢનું ક્ષેત્રફળ* એક સમચોરસ ઇંચ છે. એ નળીની ઉપલી મેર સો ઇંચસૂધી પાણી ભર્યું છે. નળી બંધ હોયછે ત્યારે તેના વાઢના ક્ષેત્રફળ ઉપર ૨૫,૨૫૦ ગ્રેનનું દબાણ છે, એટલે સાડાત્રણ પૌંડથી કાંઇક વધારે, અને કુંડાના તળીઆપરના પ્રત્યેક સમચોરસ ઇંચ ઉપર પણ તેટલુંજ દબાણ છે.

હવે નળીના મુખને ઉઘાડવાથી તેની થડમાંનું પાણી બહારથી નિરાધાર થવાથી અંદરની બાજૂનું દબાણ તેને ગતિ આપેછે, અને તેની ધાર વહેછે. પ્રથમ ધાર જોરથી નીકળેછે, અને ઘણે દૂર જાયછે. અર્થાત્ સો ઇંચ ઊંચા જળસ્તંભનો ભાર નળીના મુખ આગળના પાણીને ગતિ આપનાર બળ બનેછે, કિમ્વા ગતિનું કારણ બનેછે, અને તે પાણીને જબરા વેગથી બહાર ધકેલેછે. એ બળ ક્ષિતિજ-સમસૂત્ર દિશામાં જેટલું હોય તેટલો એ વેગ હોય. જો આપણે કોઈ હલકો ગોળો હથેલીમાં લેઇ એ ચાલતી ધારમાં ધરીએ તો ધાર પોતે જે દિશામાં જાયછે તે દિશામાં તેને લેઇ જશે. સ્થિર તથાપિ ચાલવામાં અટકાવ વગરના પદાર્થને ગતિમંત પાણી પોતાની ગતિ આપી શકેછે તેનું કારણ તેનું **ગતિબળ** છે. જળસમૂહ જેમ વધારે, અને જેમ તેનો વેગ વધારે તેમ વધારે ગતિ એ ગોળાને તે દેશે, અથવા

* નળીને આડી કાપવાથી વાઢ આગળના પોલનું પૃષ્ઠ જેટલું થાય તેને વાઢનું ક્ષેત્રફળ કહેછે. નળીના વહેપર બરાબર આવી રહે એટલા કાગળના પૃષ્ઠ જેટલું તે છે.

વધારે ભારે ગોળાને તે ચલાવી શકશે. નળીના મુખની પાસે ધારની દિશા ક્ષિતિજસમસૂત્ર છે; પરંતુ થોડે છેટે તે વાંકી વળવા માંડેછે, અને ઉતાવળો એટલે લાંબો વાંક કરતી ભોંયે પડેછે. પથરાને ક્ષિતિજસમસૂત્ર દિશામાં ફેંક્યા પછી જે કારણોને લીધે તે વાંકી લીટી કરતો અંતે જમીન ઉપર પડેછે તેજ કારણોએ કરીને પાણીની ધાર તેમ કરેછે; અને ખરૂં કહેતાં પાણીને ક્ષિતિજની દિશામાં ફેંક્યા બરોબર એ ધારને ગણી શકાય.

એનાં કારણો બે છે,—પહેલું, નળીના મુખમાંથી બહાર નીકળતાં વારને પાણી નિરાધાર ભારે પદાર્થ છે; અને તે માટે તે જમીન ભણી પડવા માંડેછે. બીજું, જે વાયુમાં (હવામાં) થઇ તે જાયછે તેના અવરોધથી તેનું ગતિબળ સદા ઓછું થાયછે. કેમકે જે વાયુ આપણી આસપાસ છે તે એટલો પાતળો અને ખસેડી શકાય એવો છે કે આપણું સાધારણ લક્ષ તે ઉપર જતું નથી, તોપણ તેમાં ગતિ કરનાર પદાર્થને તે પ્રતિરોધ કરેછે એ સહેલથી અવલોકી શકાય. ઉદાહરણ, વીંજણો (પંખો) હલાવવામાં એ જણાયછે. એ પ્રતિરોધને તોડવો પડેછે, અને તેમ કરવામાં પાણીનું ગતિબળ પ્રમાણમાં ઓછું થતું જાયછે.

નળીના મુખમાંથી પાણી નીકળેછે તે વેળા જો વા અને ગુરૂત્વાકર્ષણ નાશ પામે તો તેનું ગતિબળ રહેવાથી તેજ દિશામાં તે હમેશ ચાલ્યું જાય.

કુંડામાંનું પાણી જેમ જેમ વહી જશે તેમ તેમ ધારનો વેગ ઓછો થતો, તથા તેનો વાંક નાનો થતો દેખાશે, અને તેથી તે વધારે વહેલી ભોંયે પડશે; અને આખરે જ્યારે કુંડું લગભગ ખાલી થઇ જશે ત્યારે ધાર નીચલી મેર લગભગ ઊભી પડશે. એનું કારણ એ કે પાણીના મથાળાની સપાટી થોડી થોડી નીચી થતી જાયછે, અને તેથી જે જળસ્તંભ નળીના મુખની કને દબાણ કરેછે તેની ઊંચાઈ થોડે થોડે કમી થતી જાયછે, અને તેને લીધે તેનો ભાર ઓછો થાયછે. પણ પાણીની ગતિનું કારણ એ ભાર કે દબાણ હતું, અને કારણ ઓછું થતું જાય તેમ તે કારણનું કાર્ય પણ ઓછું થતું જોઇએ. એને લીધે

પાણીની ગતિનું બળ થોડું થોડું ઓછું થતું જાયછે, અને તેને જમીન ઉપર પડવાના વખતમાં તેનું ક્ષિતિજસમસૂત્ર ઓછે ઓછે દૂર જાયછે; અને છેલ્લે તેને જણાઈ શકે એટલી ક્ષિતિજસમસૂત્ર ગતિ બિલકુલ મળતી નથી, તેથી નળના મુખથી નીચલી મેર સીધી લીટીમાં પડેછે.

૨૯. गतिमंत पाणीनी शक्ति.

કાટખૂણે વળેલી, L આવા આકારની, ટૂંકી નળીના એક હાથાને કુંડામાંની નળીના મુખમાં એવી રીતે ખોસવી કે તેનો બીજો હાથો ઉપલીમેર સીધો રહે, અને કુંડાને પાણીથી ભરી તેમાંની નળીના મુખનું ઢાંકણ ઉઘાડવું. એમ કરવાથી પાણી ઊંચે હવામાં ઊડશે, અને કેટલેક અંતરે ચડી અટકશે, અને પછી નીચે પડશે. એમ ખરેખરો ફુવારો બનશે.

ઊભી ધાર અને આડી (ક્ષિતિજસમસૂત્ર) ધારમાં ફેર શો પડેછે તે જુઓ. વાયુના પ્રતિરોધને ગણતીમાં ન લેઇએ તો આડી ધારને બીજું નડતર નથી; તેના વજનને લીધે તે આસ્તે આસ્તે માર્ગમાં પશ્ચિમ ભણી વાંકી વળતી જઈ અંતે ધરતી ઉપર પડેછે તેમ ન થતું હોત તો તે સદા ચાલુ રહેત.

ઉપલીમેર સીધી ધાર ઊડેછે તેનું એ પ્રમાણે નથી. ઉપલીમેર સીધા ફેંકેલા પાણીનું વલણ, હરકોઈ બીજા ભારે પદાર્થની પેઠે, નિરંતર નીચલીગમ સીધું પડવાનું છે, અને તેના ગતિબળને ગુરૂત્વાકર્ષણનું નડતર જીતવાનું છે. એ ઊંચે ઊડતા પાણીના હરકોઈ ભાગપર સામસામાં બે બળ લાગેલાં છે. ૧ ગતિબળ તેને ઉપર ધકેલેછે, અને ૨ ગુરૂત્વાકર્ષણ તેને નીચે ખેંચેછે. હવે જો બે બરોબર બળ પૂર્ણ સામસામાં કોઈ પદાર્થપર લાગે તો તે પદાર્થ જરાએ ચળશે નહિ; તથાપિ તે બેમાંનું એક વધારે બળવાન હશે તો બળવત્તરની દિશામાં તે જશે.

પાણીનો ભાગ નળીના મુખમાંથી ઊંચે ઊડેછે તેનું કારણ એ કે જે વેગથી તેને ધકેલવામાં આવ્યું તે અમુક વખતમાં, કહો કે એક

સેકંડમાં, જેટલે અંતરસૂધી તેને ફેંકેછે તે અંતર, ગુરૂત્વ તેટલાજ વખતમાં જે અંતર લગી તેને નીચે તાણી શકેછે તેથી વધારે છે.

પરંતુ તેને નીચે ખેંચનાર ગુરૂત્વ ન હોવાથી એ સેકંડમાં પાણી જેટલે અંતરે ચડત તેની અને તેને ઉપર ફેંકનાર ગતિબળ ન હોવાથી જેટલા અંતરમાં તે હેઠલીમેર આવત તેની બાદબાકી જેટલું એ સેકંડમાં પાણી ઊંચે જશે; અને તે સેકંડને અંતે પાણીનો ઊંચે જવાનો વેગ તે પ્રમાણમાં ધીમો થશે. એમ ગુરૂત્વ તોડવામાં પાણીની ગતિના બળનો કેટલોક ભાગ પહેલા સેકંડને અંતે ખપી ગયો. અને હરકત કરનાર ન હોય તો એ ખોટ ભરી આપનાર ન હોવાથી પાણી પહેલા સેકંડ કરતાં બીજા સેકંડમાં વધારે હળવી ગતિએ કે ઓછા અંતરમાં ચડશે. હવે પાણીનું ગતિબળ તો ઓછું થયું, તથાપિ તેનું ગુરૂત્વ, ભાર, કે એક સેકંડમાં મુકરર અંતરમાં નીચે પડવાનું વલણ તો જેટલું હતું તેટલું પૂર્ણ રહ્યું, અને પહેલા સેકંડમાં જેટલુ કાર્ય કર્યું તેટલુંજ બીજા સેકંડમાં કરેછે. એથી કરીને બીજા સેકંડને અંતે જેટલા અંતરમાં પાણી ચડેછે તે વધારે ઓછું છે, અને તેનો વેગ પણ વધારે ઓછો હોયછે. શરૂઆતમાં ગતિબળ અને ગુરૂત્વબળમાં ગમે એટલો મોટો ફેર હોય તોપણ ઉપર કહ્યું તે પ્રમાણે હોવાથી વખત જતાં અંતે ગુરૂત્વ જીતે એ દેખાઇતું છે. ગતિબળનો ભંડાર વપરાઈ પૂરો થશે; અને ક્ષણવાર સ્થિર રહી, પાણીની અવસ્થા નિરાધાર પદાર્થના જેવી થઇ તે બિન હરકતે થતા ગુરૂત્વના બળથી હેઠલીમેર જવા માંડશે.

કોઈ છોકરો હલેસાંવડે હોડી હંકારતો હોય તેવામાં કોઈ જબરો આદમી તે હોડીના આગલા ભાગને એકાએક ઝાલી ઘણા જોરથી પાછી ધકેલે ને જે બને તેવો આ બનાવ છે. નાવડું પ્રથમ ઉતાવળે પાછું હઠશે, પણ પેલો છોકરો ચાટવા માર્યા કરેછે તેના દરેક ઝપાટાથી પાછળ જવાનો વેગ ઓછો થતો જાયછે; અને પેલા માણસના હડસેલાથી જેટલું ગતિબળ મળ્યું હતું તે એ હલેસાંના બળની સામે વપરાતાં અંતે તદન ખપી જશે એટલે હોડી ક્ષણવાર અટકી પાછી આગળ ચાલવા માંડશે. કેટલે દૂર હોડી પાછી હઠશે તેનો આધાર તો જાણે તે માણસ પોતાની સ્નાયુશક્તિનો જેટલો ભંડોળ તે હોડીમાં

એકાએક ભરશે તે ઉપર રહેશે એ સ્પષ્ટ છે, કેમકે એ ભંડોળમાં તે હોડી થોડે થોડે ખર્ચ કરેછે.

જે માણસોમાં સ્નાયુની કે બીજી કોઈ શક્તિ મસ હોયછે તેઓને આપણે બળવાન કહીએ છીએ; અને જે નડતરને તેઓ ખસેડેછે અથવા બીજા બોલમાં કહીએ તો જે કામ તે કરેછે તેપરથી આપણે તેનું બળ માપીએ છીએ. ઉપલા ઉદાહરણમાંના માણસના બળનું માપ જે અંતર પર્યંત નાવડું અટક્યા પહેલાં ગયું તેપરથી કહીએ છીએ.

આ બળના ખ્યાલને, કામ કરવાની શક્તિરૂપે, નિર્જીવ વસ્તુઓને-વિષે લેઇ જવો સહેલો છે; અને એમ કોઇ ગતિમાન પદાર્થ તેના માર્ગમાં આવતી કોઇ પ્રકારની નડતરને ખસેડી તેમ કરવામાં પોતાનું ગતિબળ તેને આપી વધારે કે ઓછો અટકેછે ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે તેનામાં **બળ** છે અને તે **કામ કરેછે.**

એમ ગતિમાન પાણીના બળનું માપ, તેની સામે થનાર જે અડચણોને તે જીતેછે તેઓની શક્તિને, તે બળ ખલાસ થઇ ગયાની પૂર્વે તે (એટલે પાણી) જે અંતરે જઇ શકે તેણે ગુણવાથી થાયછે; અર્થાત્ તેની ગતિ અટક્યાની અગાઉ તેણે કરેલા કામથી. જે ઉદાહરણ આપણે લીધું છે તેમાં ગુરૂત્વને વધારે કે ઓછા કાળમાં જીતનાર બળનો આધાર ધારના વેગ ઉપર છે; અને તે વેગનો આધાર કુંડામાં કાણાથી પાણીની ઊંચાઇ ઉપર છે. જેમ પાણીની સપાટી નીચી જતી ગઇ તેમ આડી (ક્ષિતિજસમસૂત્ર) ધારનું બળ ઓછું થતું ગયું; તેમજ ઊભી (ઊંચી ઊડતી) ધારનું પણ થાયછે. માટે જેમ કુંડું ખાલી થતું જાયછે તેમ ધાર વધારે નાની થતી જાયછે, અને આખરે બંધ પડેછે.

કેટલીક અવસ્થામાં ગતિમાન પાણીનું બળ અતિ નાશકારક સ્વાભાવિક શક્તિ બનેછે; અને કેટલીક અવસ્થામાં તે માણસનો અતિ ઉપયોગી સેવક થઇ પડેછે. પહાડપરથી ઉતરી આવતા વહેળાનો વેગ તેના પાત્રના ઢાળ પ્રમાણે હોયછે. જેમ તે નીચે ઉતરેછે તેમ ગતિ પ્રાપ્ત કરેછે અને તેથી બળ મેળવેછે; એમ પહાડી વહેળો વરસાદના કે ઓગળતા બરફના પાણીથી એકાએક વધી જઈ એવો

જબરો થાયછે કે ખડકના મોટા જથાને તોડી પાડેછે તથા તેના માર્ગમાં જે આવેછે તેને ઘસડી જાયછે. શાંત સમુદ્રથી વધારે નરમ અને અહાનિકારક બીજું કોઈ જણાતું નથી, પરંતુ તેના પૃષ્ઠ ઉપર પવનના ઝપાટા લાગવાથી તેનું પાણી ગતિ પામેછે ત્યારે ભયંકર જોરથી એ કાંઠાઉપર અથડાયછે; અને તેનું બળ મોટાં મોજાં ફેંકવામાં વિસ્તાર પામેછે; તે મોજાં બહુ મોટાં અને ભારે પહાણાને અથવા કાંકરાના ઢગના ઢગને કિનારે ઘસડી આણેછે.

બધી જાતોના જળચક્રીઓ ચલાવવામાં વધારે કે ઓછા વેગવાળા પાણીના ધોધનો ઉપયોગ કરવામાં આવેછે. ચક્રીના પૈડાના ઘેરને ડોલો કે પાટિયાં જડેલાં હોયછે. પ્રત્યેક ડોલ કે પાટીઉં ધોધને પડવામાં નડેછે, અને તે નડતરને ખસેડવામાં ધોધ પોતાની ગતિનો કેટલોક ભાગ તેને આપેછે; એથી ડોલ કે પાટિયું નીચે ઉતરેછે ને તેને ઠેકાણે બીજું આવેછે. એથી પૈડું ફરેછે. પૈડાના ફરવાથી નીચેના વહેળાને નડતર થાયછે, અને તેથી વહેળાની કેટલીક ગતિ પૈડામાં આવેછે. એમ દરેક ડોલ કે પાટિયું વહેળાના ગતિબળને ઝાલી જળચક્રીને આપનારૂં સાધન થાયછે, અને તેથી તે ચક્રી અમુક વેગથી ફરેછે.

પણ હવે એ જળચક્રી ગતિમાન દ્રવ્યનો સમૂહ છે, અને તેથી તેમાં બળનો ભંડોળ કે કામ કરવાની શક્તિ છે. જો એ પૈડાની ધરીને દોરી બાંધી તે દોરીને બીજે છેડે બોજો બાંધેલો હોય તો પૈડું ફરશે તેમ દોરી ધરીપર લપેટાશે અને બોજો ઉપર ચડશે; અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, પૈડાના ફરવાથી એટલું કામ થશે; અને વહેળાએ પોતાનું કેટલું બળ પૈડાને આપી દીધું તેનું સ્થૂળ માન આપણને મળશે. પાણીથી ફરનારા પૈડામાં જે બળ આવ્યું તેને કામ કરવાની જગ્યાએ લેઈ જવાને માટેજ ચક્રીના સાંચાકામમાં યાંત્રિક યુક્તિઓ છે. ઉદાહરણ, લોટ દળવાની ઘંટીમાં એક પછી એક ચક્કરો હોયછે. તેઓ પાણીથી ચાલનાર પૈડાનું બળ ઘંટીનાં પડોમાં લેઈ તેઓને ફેરવેછે.

૩૦. पाणीना गुणो स्थायी छे.

હરકોઈ વેળા વરસાદ વરસે ત્યારે જો તમે તેનું પાણી ઝીલશો તો તમને માલૂમ પડશે કે પાણીના જે ગુણો વર્ણવવામાં આવ્યા છે તે સઘળા તેમાં છે. તે લગભગ અસંકોચનીય પ્રવાહી માલૂમ પડશે, અને તેના એક ઈમ્પીરિઅલ પૈંટનું વજન સવા પાઉંડ થશે. વરસાદનું જળ આફ્રિકામાં ઝીલો કે ન્યુઝીલાંડમાં ઝીલો તેથી તેના ગુણોમાં કાંઈ ફેર જણાશે નહિ; અથવા સેંકડો વરસપર ઝીલી સીસામાં ભરી રાખ્યું હોય તોએ તેના ગુણોમાં તફાવત જણાશે નહિ. અને સો કે હજાર વરસ પછી વરસાદના પાણીમાં બરાબર એજ ગુણો હોવાના એવું માનવાને પ્રત્યેક કારણ છે. વરસાદના પાણી સંબંધી સૃષ્ટિનો **ક્રમ સ્થાયી** છે.

પરંતુ પાણીના ગુણો હમેશ સરખા છે એવો અર્થ આથી સમજવાનો નથી. વસ્તુતઃ એ પદાર્થ પાણી જેવી સ્થિતિમાં રહેલું હોયછે તે પ્રમાણે તેના ગુણોમાં વિકાર ઘણો હોયછે; તથાપિ સરખા સ્થિતિમાં તેઓ સરખા હોયછે, માટે એમ છતાં પણ આપણે કહી શકીએ કે પાણીના સંબંધમાં સૃષ્ટિનો ક્રમ સ્થાયી છે.

૩૧. उष्णता वधवाथी प्रथम पाणीनुं कद वधेछे.

જોવામાં આવ્યું છે કે હરકોઈ અમુક ભારના પાણીનું કદ સરખા સ્થિતિઓમાં સરખું હોયછે. એ સ્થિતિઓમાં સર્વથી વધારે અગત્યની સ્થિતિ ઉષ્ણતા કે શીતળતા છે. જે ઓરડામાં ગરમી હોય તેમાં પાણીને કેટલાક વખત સૂધી રાખ્યા પછી ઠંડી જગ્યામાં લઈ જવાથી તે **સંકોચાય**છે; અને તેને ઊનું કરવાથી તેનું કદ વધેછે, કે ફૂલેછે. પારો, મઘાર્ક તથા બહુધા બીજા બધા પ્રવાહીને એમજ થાયછે. થર્મામીટર (ઉષ્ણતામાપક યંત્ર) માત્ર લાંબી નળીવાળી ગોળાકાર સીસી છે, અને નળીમાં થોડે લગી ચડે એટલો પારો કે મઘાર્ક તે સીસીમાં ભરેલો હોયછે. નીચેની ગોળીમાંના પ્રવાહીને ગરમ કરવાથી તેનું કદ ફૂલેછે અને ઉપર નળીમાં જાયછે. તેથી તેમાંના (નળીમાંના) પ્રવાહીના સ્તંભની ઊંચાઈ વધેછે. પણ તે

ગોળીમાંના પ્રવાહીને ટાઢો કરવાથી તેનું કદ ઓછું થાયછે, અને જેમ સંકોચાયછે તેમ પ્રવાહી ગોળીમાં ઉતરેછે, અને તેના સ્તંભના મથાળાની સપાટી નીચી ઉતરેછે.

ગોળીને ઊકળતા પાણીમાં મૂકવાથી પ્રવાહી નળીમાં જે બિંદુસૂધી ચડે તે બિંદુએ કિંવા કોઈ માપ તે નળીને લગાડેલું હોય તેને તે ઠેકાણે કાંઈ નિશાની કરવામાં આવેછે, અને તે ગોળીને ઓગળતાં બરફમાં મૂકવાથી જે બિંદુ લગી તે ઉતરેછે ત્યાં નિશાની કરવામાં આવેછે; અને એ નિશાનીઓની વચ્ચેની જગ્યાના ૧૮૦ સમાન ભાગ કરી દરેક ભાગને "અંશ" કહેછે. એ પ્રકારના ઉષ્ણતામાપક યંત્રને ફ્રેહેનહીટ્સ થર્મામીટર કહેછે. ઊકળતા પાણીના બિંદુ આગળ ૨૧૨ લખીએ તો જે બિંદુએ પાણીનું બરફ થાયછે તે ૩૨ થશે (૨૧૨—૩૨=૧૮૦). સરખી ઉષ્ણતાથી નળીમાં પ્રવાહી હમેશ સરખે અંશે રહેછે, અને તેણે કરી એ યંત્ર **ગરમી** માપેછે.

એક વાસણમાં એકે વખતે બે નળોમાંથી પાણી છોડવું; એમાંના એકમાંથી ઊનું પાણી આવે અને બીજામાંથી ટાઢું આવે એમ હોય તો સહેલાઇથી જણાશે કે ટાઢા પાણીથી ઊનું પાણી હલકું છે. જો એ પાણીને હલાવવામાં ન આવે તો વાસણના તળીઆના પાણીથી મથાળાનું પાણી વધારે ઊનું માલૂમ પડશે. એક ઇમ્પીરિઅલ પૈંટ પાણીની ઉષ્ણતા ૬૨ હોયછે તો તેનું વજન સવા પૌંડ થાયછે; પણ જો તે એથી વધારે ગરમ હોય તો તેનું કદ વધેછે, અને તેથી તેનું (એક ઈ. પૈંટ પાણીનું) વિશેષગુરુત્વ ઘટેછે.

એ કારણને લીધે ૨૨ મી કલમમાં કહેવામાં આવ્યું કે **સરખી સ્થિતિમાં** પાણીના સરખા કદનો ભાર સરખો સ્થાયી છે; અને એક ઘન ઇંચ પાણીનું વજન આશરે ૨૫૨॥ ગ્રેન કહીએ તેવારે પણ એ શરત લક્ષમાં રાખવી. જ્યારે પાણીની ઉષ્ણતા ફે. થર્મામીટર પ્રમાણે ૬૨ હોયછે ત્યારેજ એટલા પાણીનો ભાર ૨૫૨.૪૫ ગ્રેન થાયછે—પણ સાધારણ મૃદુ હવાની ઉષ્ણતા એટલી હોયછે,* અને

* ઈંગ્લાંડમાં એ પ્રમાણે છે; આપણા દેશમાં એથી વધારે છે. ભા૦ ક૦.

એક અંશે પાણીનું પ્રસરણ કે સંકોચન તેના કદનો $\frac{1}{500}$ મો હિસ્સો છે, તેથી સકળ વ્યવહારિક કામમાં એક ઘન ઇંચ પાણીનું વજન ૨૫૨ાા ગ્રેન લેઈ શકાય.

३२. उष्णता वधतां अंते पाणीनी वराळ थायछे.

ગમે એટલું થોડું ગરમ કરવાથી પણ પાણીના ગુણોમાં વિકાર થાયછે. વધારે તાપ લગાડવાથી વધારે મોટા વિકાર થાયછે. વાડકીમાં પાણી રેડી તેને અગ્નિ ઉપર મેલવાથી શું થાયછે તે તમે જાણોછો. પાણી વધારે વધારે ઊનું થતું જાયછે, પછી સણસણવા માંડેછે, અને આખરે ૨૧૨ સુધી પહોંચતાં ઊકળી તેની વરાળ થઈ હવામાં ભળી અદ્દશ્ય થાયછે. જોઈએ તેટલીવાર પાણીને ઊકળવા દેઈએ છીએ તો તમામ પાણી વરાળ રૂપે ઊડી જાયછે; પહેલું તો એમ ભાસેછે કે ગરમીથી પાણીનો નાશ થયો; પરંતુ પાણીના એકે કણનો વાસ્તવિક નાશ થતો નથી. તેની અવસ્થા કે રૂપ માત્ર બદલાયછે. ઉષ્ણતાએ તેનું પ્રવાહી જળરૂપ બદલી વાયુજળરૂપ, **વરાળ** બનાવ્યું.

હવે વાડકીને બદલે ચાદાનીવડે પ્રયોગ કરો. તેમાં પાણી થોડુંકજ મેલી તેનું ઢાંકણું બંધ કરો. પાણી ઊકળવા માંડતાંવારને તેના નાળચામાંથી વરાળની ધારા ચાલશે; અને ચાદાનીમાં જ્યાં લગી પાણી હશે ત્યાં લગી તે જારી રહેશે.

નાળચામાંથી નીકળતી વરાળ એટલી ઊની છે કે જો તમે તેને તમારી આંગળી લગાડશો તો તે દાઝશે. તમારી આંગળી તેમાં ન ઘાલતાં લાખની લાકડી તેમાં ધરશો તો દાઝ્યા વિના તમારી ખાતરી થશે કે તે ઘણી ઊની છે. અગ્નિ ઉપર ધરવાથી જેવી નરમ તે થાયછે તેવી એ વરાળમાં ધરવાથી થશે. વળી નાળચાના મુખની થડમાં, જ્યાંથી વરાળ બહાર આવેછે ત્યાં, જોશો તો વરાળની આરપાર દેખાશે, ત્યાં તે કેવળ પારદર્શક છે, અને ત્યાંથી થોડે છેટે એ પારદર્શકપણું ખોઈ તે ધોળું અપારદર્શક વાદળું બનેછે અને ઉતાવળે વાયુમાં લોપ થઈ જાયછે.

૩૩. वराळमांनी गरमी लेई लीधाथी वराळनुं ऊनुं पाणी थायछे.

હવે ટાઢી ચમચી કે ટાઢી થાળી લેા, અને તેને વરાળ આગળ એક બે મિનિટ ધરેા. પછી તેને લેઈ લેશેા તેા તે કેવળ ભીની જણાશે, તેનાઉપર બધે ઊના પાણીનાં ટીપાં બાઝેલાં હશે તથા તે ટાઢી ચમચી કે થાળી ગરમ થયલી હશે. જેા તમે તે નાળચામાં ધાતુની લાંબી ટાઢી નળી ઘાલશેા તેા તે નળીને છેડેથી વરાળ બિલકુલ નીકળતી જણાશે નહિ, પણ તેમાંથી પાણી ટપકશે અને તે નળી ઊની થયેલી માલૂમ પડશે.

એમ અગ્નિમાંથી ઉષ્ણતા વાડકી કે ચાદાનીમાં જાયછે, અને તેમાંથી પાણીમાં જાયછે. પાણી વધારે વધારે ગરમ થતું જાયછે અને તેમાં ગરમીનેા કેટલેાક સંગ્રહ થાયછે ત્યારે તેની વરાળ થાયછે. વરાળ ટાઢી થાળીને લાગેછે કે ટાઢી નળીમાં જાયછે તેવારે તે પેાતાની ઉષ્ણતા થાળીને કે નળીની ધાતુને આપી દેછે. જે ઉષ્ણતાવડે પાણી વરાળ અવસ્થામાં હતું તે તેમાંથી એ રીતે જવાથી પાછું પાણી અવસ્થામાં આવેછે.

એ વરાળ અને પાણી એ એકજ વસ્તુ;—पाणी,—ની બે સ્થિતિ કે અવસ્થા છે; પાણીમાં ઉષ્ણતાનેા જે સંગ્રહ થયેા હેાય તેનું તે કાર્ય છે.

૩૪. ज्यारे पाणीनी वराळ थायछे त्यारे तेनुं कद प्रथमथी आशरे १७०० गणुं वधारे मोटुं थायछे.

ચાદાનીમાંના પાણીને પહેલેથી માપી અને જેાખી શકેા અને દેવતાના તાપથી તેની થયેલી સઘળી વરાળને માપી અને જેાખી શકેા તેા તમને માલૂમ પડશે કે વરાળનું તેાલ પાણીના તેાલની બરાબર છે, અને તેનું કદ પાણીના કદથી લગભગ ૧૭૦૦ ગણું વધારે છે. તમારી પાસે પાસાના જેવું સમચેારસ પવાલું એવું હેાય કે તેની અંદરનાં ચારે પાસાંમાંના દરેકનું માપ એક ઇંચ દરેક તરફ હેાય તેા તેમાં એક ઘન ઇંચ પાણી માશે. આ પવાલાને પાણીથી ભરી તે-

માંના બધા પાણીની વરાળ થઇ જાય ત્યાં લગી તેને તપાવો તો તે વરાળ શુમારે એક ઘન ફુટ જગા રોકશે, કેમકે એક ઘન ફુટમાં ૧૭૨૮ ઘન ઇંચ છે. એક ઘન ફુટ પાણીનું તોલ ૨૫૨૬ ગ્રેન છે, અને તેની વરાળ થાયછે તેનું તોલ પણ તેટલુંજ છે. એપરથી આપણે કહી શકીએ કે વરાળ એ ગરમીથી ફૂલેલું પાણી છે, અને તેનું વિશેષગુરૂત્વ પાણીના વિશેષગુરૂત્વથી ૧૭૦૦ ગણું ઓછું છે, અને એક પૈંટ વરાળને ટાઢી પડવા દીધાથી તેનું પાણી થાયછે તે એક પૈંટનો $\frac{૧}{૧૭૦૦}$ મો ભાગ છે; પરંતુ તોલમાં તે એક આખા પૈંટ વરાળની બરાબર છે. માટે વરાળનું ઘનીકરણ થાયછે ત્યારે તેનું કદ ઘટી જઇ $\frac{૧}{૧૭૦૦}$ થઇને પાણી રૂપ ધારણ કરેછે.

પાણીની વરાળ થતાં તેનું કદ બહુ મોટા બળથી વિસ્તાર પામેછે. ચાદાનીના નાળચાના મોઢાને બંધ કરશો તો તેની અંદરની વરાળ વિસ્તાર પામવામાં ઢાંકણાને ઊડાવી દેશે; અને જો તમે ઢાંકણાને સજડ જડી દેશો તો થોડા વખતમાં ચાદાનીને ફાડી નાંખશે. વરાળયંત્ર (સ્ટીમએંજિન)ના મજબૂત બોઇલરો (પાણી ઉકાળવાની દેગો)ને એ પ્રમાણે ફાડી નાંખેલા સાંભળવામાં આવેછે.

૩૯. वायुओ (ग्यासो) के स्थितिस्थापक फ्लुइडो (हवारूपे ऊडी के प्रसरी जनारा पदार्थो).

આ લાંબી ડોક અને ઉઘાડા મોઢાવાળી સીસી છે. એના મોઢાવાટે કાનેસૂધી પાણી રેડીએ તો એ પાણીથી ભરેલી કહેવાય. એ પાણીને ઢોળી દઇએ તો એમ કહેવાયછે કે તે ખાલી છે. પણ શું તે ખાલી છે? કાચના વાસણમાં પાણી ભરીને એ સીસીનું મોઢું નીચું રાખી તેમાં એને બોળો. જો સીસી ખાલી હોય તો સીસીની બહાર જ્યાં લગી પાણી છે ત્યાં લગી અંદર નહિ જવાનું કારણ નથી. બંને મોઢે ઉઘાડી એવી કાચની ખાલી નળીને એ પાણીમાં બોળશો તો તેની બહારનીપાસે જ્યાંસૂધી પાણી હશે ત્યાંસૂધી માંહેલીગમ પણ પાણી હશે, પરંતુ એ નળીનું મોઢું આંગળીથી બંધ કરશો તો નીચલા મુખમાં પાણી માત્ર થોડે લગી ચડશે. સીસીમાં પણ એજ પ્રમાણે

થાયછે; તેની ડોકમાં થોડેજસૂધી પાણી ચડેછે. માટે એ "ખાલી" નળી અને "ખાલી" સીસીમાં કાંઈ ચીજ છે; કાંઈ ચીજ ભૌતિક છે, કેમકે તે અવકાશ રોકેછે અને પ્રતિરોધ કરેછે; વસ્તુત: જે ભૌતિક પદાર્થને આપણે **વાયુ, વા,** કે **હવા** કહીએ છીએ તે સીસીમાં છે, અને તેણે વાતાવરણરૂપે તેના જાડા પડે ધરતીને ઘેરેલી છે. વાને ભાર છે ને તે વિષે આગળ તમારા જાણવામાં વધારે આવશે. વા ગતિમાં હોયછે (વા વાયછે) ત્યારે પોતાની ગતિ બીજાને આપી દેઈ શકેછે, તે પવનનાં કાર્યોપરથી તમે જાણોછો. વા ગતિમાં હોયછે ત્યારે તે પવન કે વાયરો કહેવાયછે. માટે વાયુમાં ભૌતિક પદાર્થના સઘળા ગુણો છે. વળી એ "ફ્લુઇડ*" છે, કેમકે જે પાત્રમાં તે હોયછે તેના આકારને પૂર્ણ બેસતો આવેછે; તેના ભાગોને સહેલથી ખસેડી શકાયછે, કેમકે જો તેમ ન હોત તો આપણે હાથ પગ હલાવીએ તેવારે પ્રત્યેક વેળા તેનો પ્રતિરોધ આપણને લાગવો જોઇએ; તે વહેછે કે વાયછે તે પવનની દરેક લહેરથી જણાયછે, તથા ધમણ ધમીએ છીએ ત્યારે વાનો પ્રવાહ તેના મોઢામાંથી બહાર નીકળેછે; અને તેમાં (વામાં) જે વસ્તુ હોયછે તેપર તે બધી મેરથી દબાણ કરેછે.

વા ફ્લુઇડ છે પણ લિક્વિડ* નથી. પ્રથમ તો તે બહુ સંકોચાઈ શકે તેવો છે, લિક્વિડમાં એ ગુણ બહુ થોડો છે. આપણે જોયું કે ઉપલા પ્રયોગમાં નળીમાં અને સીસીની ડોકમાં પાણી થોડેક લગી ગેહું હતું. એમ થવાનું કારણ એ કે વાને પાણી સંકોચી તેનું કદ નાનું કરેછે. વાથી ભરેલા તકીઆપર કે તેવી બીજી વાથી ભરેલી થેલીપર દબાણ કરવાથી તેમાંનો વા ઓછી જગા રોકેછે. જેમ પીચકારીમાં પાણીનો પ્રયોગ કર્યો હતો તેમ તેમાં વાનો પ્રયોગ કરવાથી જણાશે કે, જો દાંડો પૂરો બેસતો હશે તો, તેમાંનો વા થોડે લગી નીચે દબાશે, અને દબાણ બંધ પાડતાં પાછો ઊછળી આવશે. વા

---

* ઇંગ્રેજીમાં "લિક્વિડ" અને "ફ્લુઇડ" એ બે શબ્દો છે. ગુજરાતી કોશમાં તથા સંસ્કૃત કોશમાં એ બંનેને માટે જુદા શબ્દો નથી, એ બેના અર્થમાં ફેર છતાં એ પ્રમાણે છે, એ માટે ઇંગ્રેજી ફ્લુઇડ શબ્દ લખ્યો છે. લિક્વિડ એટલે પ્રવાહી અને ફ્લુઇડમાં પ્રવાહી અને વાયુરૂપી બેનો સમાસ થાયછે. ભા૦ ક૦.

દબાઈ કે સંકોચાઈ શકે તેવો છે એટલુંજ નહિ, પણ સ્થિતિસ્થાપક છે. ઉષ્ણતાથી જેમ પાણી ફૂલેછે તેમ વાયુ પણ ફૂલેછે, તથાપિ ઉષ્ણતાથી તેટલાજ અંશથી વાયુ વધારે ફૂલેછે.

३६. वराळ ए स्थितिस्थापक फ्लुइड के ग्यास छे.

બધા ગુણો કહ્યા તેઓમાં પાણી વરાળરૂપમાં હોયછે ત્યારે વાની પેઠે સ્થિતિસ્થાપક ફ્લુઈડ કે ગ્યાસ છે.

ઉપલી કલમમાં કહેલી સીસીમાં થોડું પાણી રેડીશું તો તેની માંહેના બાકીના સઘળા " ખાલી " ભાગમાં વાયુ રહેશે. હવે સીસીને તપાવીશું તો પાણી અંતે ઊકળશે, વરાળના પરપોટા પાણીમાં થઈ તેના પૃષ્ઠ ઉપર ફૂટી જતા દેખાશે. પાણીની ઉપર વા હતો તેને થોડે થોડે તે વરાળ કાઢી મૂકશે; અને આખી સીસી ગરમ રાખવામાં આવશે તો " ખાલી " ભાગ જળ ગ્યાસથી એટલે વાયુરૂપી પાણીથી ભરાઈ જશે. તે જળ ગ્યાસ હવાના જેવો પારદર્શક અને રંગ વિનાનો છે. સીસીના મુખમાંથી વરાળ બહાર નીકળેછે તે નીતરી અને રંગરહિત છે; પણ થોડીવારમાં તે ટાઢી પડેછે અને સંકોચાઈ ફ્લુઈડ પાણીના ઝીણા કણોની વાદળી જેવી થાયછે.

વા કરતાં વરાળ હલકી છે, અને તેથી, જેમ પાણીથી હલકી વસ્તુઓ પાણીમાં ઉપર આવેછે તેમ, તે વામાં ઊંચી ચઢેછે.

३७. ग्यास अने बाष्प.

જે પદાર્થ સ્થિતિસ્થાપક વાયુરૂપમાં હોયછે તેને ઇંગ્રેજીમાં ગ્યાસ કહેછે. હવા અથવા વા શીઆળાની અતિશે ટાઢમાં અને ઊનાળાના અતિશય તાપમાં ગ્યાસરૂપમાં રહેછે, પરંતુ અતિ ઘણા દબાણમાં રાખી બહુ શીતળ કરવાથી તેને પ્રવાહીરૂપમાં આણી શકાયછે. એમ અતિ ઘણી મુસ્કેલીએ ઘનીકરણ થઈ શકનારા વાના જેવા ગ્યાસો અને સહેલથી ઘનીકરણ થઈ શકનારા વરાળના જેવા ગ્યાસોની વચ્ચે ફેર માત્ર પાયરી કે દરજાનો છે. તથાપિ વરાળનીપેઠે જે ગ્યાસોનું ઘનીકરણ સહેલથી થઈ શકેછે તેઓને **બાષ્પ** (બાફ) નામ આપી

ભેદ દર્શાવવામાં કેટલીક સુગમતા છે. સાધારણ બોલવામાં જેને આપણે વરાળ કહીએ છીએ તે જેટલા પાણીની બનેલી હોય તે સઘળું પાણી, તેમાં ઊકળતા પાણીની (૨૧૨ ફ.) અને તે ઉપરાંત ગરમી હોય ત્યાંસુધી, માત્ર ગ્યાસરૂપ રહેછે. એ (૨૧૨ ફ.) થી કાંઈ પણ ઓછી ઉષ્ણતા થતાં તેમાંની ઘણીખરી ઘનીકરણ થઈ ઊનું પ્રવાહી પાણી બનેછે. તોપણ યાદ રાખવું જોઇએ કે જેને આપણે વરાળ કહીએ છીએ તેવા ગ્યાસરૂપમાં તો તે ઊકળતા પાણીની અને તેથી ઉપરાંતની ઉષ્ણતાએ રહેછે, પરંતુ પાણી ઠરી જાય તેટલી ઉષ્ણતાએ ગ્યાસરૂપે પાણી રહી શકેછે.

ધારો કે સીસીમાં આપણે પાણીને ઊકાળ્યું તેમાં પાણી અને વરાળ વિના બીજું કાંઈ નથી. તેનું મોઢું બંધ કર્યું છે, અને તેની નીચેથી દીવો લેઈ લીધો છે. ઊકળતા પાણીના જેટલી ગરમી બધાની રહેશે ત્યાં લગી સીસીની અંદરના પાણીની ઉપરની દરેક ઘન ઈંચ વરાળનું તોલ શુમારે $\frac{૧}{૭}$ ગ્રેન થશે, કારણ કે એકસો ઘન ઈંચ વરાળનું વજન આશરે પંદર ગ્રેન છે. ધારો કે સીસીમાં પ્રવાહી પાણીએ જગા રોકી છે તે ઉપરાંત તેમાં સો ઘન ઈંચ અવકાશ છે. ત્યારે આરંભમાં ગ્યાસરૂપી પાણી છે તેનો ભાર પંદર ગ્રેન છે. હવે સીસીને ઠંડી પડવા દેવાથી જળગ્યાસ વધારે વધારે ઘનીકરણ થતો જઈ પ્રવાહી અવસ્થા પામશે; પરંતુ પાણી થીજી જાય તેટલી ઠંડીએ પણ કેટલુંક પાણી ગ્યાસરૂપમાં રહેશે, અને પ્રવાહી પાણી જે ભાગમાં નથી તેમાં તે પ્રસરી રહેશે. રક્તોષ્ણતાએ (૯૮) જળગ્યાસ સો ઘન ઈંચમાં વ્યાપી રહેલો હોય, તથાપિ તેનો ભાર આશરે એક ગ્રેન માત્ર છે. હવાની સાધારણ (ઈગ્લાંડમાં) ગરમીમાં તેનો ભાર $\frac{૧}{૩}$ ગ્રેનથી વધારે નથી; અને જળઠારબિન્દુએ તેનું વજન $\frac{૧}{૮}$ ગ્રેન છે. પણ જેમ જેમ ઉષ્ણતા ઓછી થતી જાયછે તેમ તેમ તેટલાજ કદના જળગ્યાસનો વાસ્તવિક ભાર વધારે વધારે કમી થતો જાયછે તે ઉપરથી અનુમાન એ થાયછે કે જેમ ગરમી ઓછી તેમ જળગ્યાસનું ઘટત્વ, કે વિશેષગુરૂત્વ ઓછું થવું જોઇએ. વળી વાયુ સંકોચન પામતાં જેટલો પ્રતિરોધ કરેછે તેટલોજ જળઉકાળબિન્દુએ જળગ્યાસ એટલે

વરાળ કરેછે, અને ઉષ્ણતા જેમ ઓછી તેમ જળગ્યાસને વધારે સહેલાઈથી સંકોચી શકાયછે.

ઊકળતા પાણીથી ભરેલી ચાદાનીના નાળચાને સ્થિતિસ્થાપક કોથળીનું મોઢું બાંધી લીધું છે એમ ધારો. ઊકળતા પાણીના જેટલી ગરમ એ કોથળીને રાખવામાં આવશે તો તે ફૂલશે, અને તેની સઘળી બાજૂઓ ઉપર હવાનું દબાણ છતાં ફૂલેલી રહેશે. નાળચેથી તેને ખસેડી લેઈ જળ ઊકાળતાં ઉષ્ણતા તેમાં રહેશે ત્યાં પર્યંત ફૂલેલી રહેશે; પણ જો તેને ટાઢી પડવા દેઈશું તો ઓછી ઉષ્ણતાવાળા જળગ્યાસના ઓછા થતા પ્રતિરોધને લીધે બહારની હવાના દબાણે કરીને તે આસ્તે આસ્તે ચપટી થશે. બંધ કરેલી સીસીને ઠંડી થવા દીધા પછી તેનો ડટ્ટો ખોલવામાં આવેછે ત્યારે તેમાં વા બહુ જોરથી ધૂસેછે તેનું કારણ પણ એજ છે.

૩૮. साधारण उष्णताए पाणीनुं बाष्पीभवन.

થાળીમાં થોડુંક પાણી રેડી તેને ખુલી હવામાં કે ઓરડામાં રાખવાથી, પછી તે ઓરડામાં ટાઢેક હોયછે તોપણ, તે વહેલું મોડું અદૃશ્ય થઈ જાયછે. ભીનાં લૂગડાં દોરીઉપર નાંખ્યાં હોયછે તેઓ ઝટ સુકાઈ જાયછે—એટલે તેમાં જે પાણી હોયછે તે અદૃશ્ય થઈ જાયછે કે તેનો **બાષ્પ થાયછે.** હાલ જે ગુણ કહ્યો તેથી એ હાલતમાં પાણી લોપ થાયછે. વસ્તુતઃ ઉષ્ણતાના પ્રમાણમાં ઘટત્વવાળો તેનો જળગ્યાસ બનેછે, અને તે રૂપમાં બીજા ગ્યાસોની માફક વામાં ભળીજાયછે. અને ઉષ્ણતાના પ્રમાણમાં સમુદ્રો, સરોવરો અને નદીઓમાંથી નિત્ય જળગ્યાસ ઉત્પન્ન થયાં કરેછે તેથી વાતાવરણમાં હમેશ ગ્યાસરૂપે જળ છે તેમાં આશ્ચર્ય કાંઈ નથી.

જ્યારે હવાના અમુક સમૂહમાં, કહો કે સો ઘન ઇંચમાં, ગ્યાસરૂપે રહેલા પાણીનું વજન એટલું હોય, અથવા લગભગ એટલું હોય, કે તે હવામાં જેટલી ઉષ્ણતા હોય તેમાં ગ્યાસરૂપે રહી શકે ત્યારે તે હવા ભેજવાળી કહેવાયછે. એમ હોયછે ત્યારે જો તે હવામાંની ગરમી ઓછી થાય, બહુ થોડી ઓછી થાય તોએ જળગ્યાસમાંનો કેટલોક

પ્રવાહી પાણી થઈ જાયછે. ઇંગ્લાંડમાં હવા ગરમ અને ભેજવાળી હોયછે ત્યારે ગ્લાસમાં તાજું કાઢેલું ટાઢું ઝરણનું પાણી ભરવાથી તે ગ્લાસની બહારને પાસે ઓસ વળેછે. વસ્તુતઃ એમ બનેછે કે ગ્લાસની બહારની બાજૂએ સ્પર્શ કરનાર જળગ્યાસ જેટલી ઉષ્ણતા ગ્યાસરૂપે રહી શકે તેથી તે સ્થળે તેની ઉષ્ણતા ઓછી થવાથી તે ઠરી જઈ ઓસ બનેછે. વામાં ભેજ ઘણો હોયછે ત્યારે (વરસાદ મસ હોયછે ત્યારે) ભીનાં કપડાં બરાબર સૂકાતાં નથી, હવાયલાં રહેછે, કેમકે તેવે વખતે વાતાવરણમાં જેટલી ગરમી ઉષ્ણતામાન સીસીવડે જણાયછે તેટલીવડે જેટલું પાણી ગ્યાસરૂપે રહી શકે તેટલું લગભગ તેમાં હોયછે.

३९. ज्यारे ऊनुं पाणी टाढुं पडेछे त्यारे प्रथम ते संकोचायछे. पण केटलाएक वखत पछी फूलेछे.

પાણીને ઊનું કરવાથી કેવો ચમત્કારી વિકાર થાયછે તે હવણા આપણે જોયો. પ્રથમ તે આસ્તે આસ્તે અને થોડું ફૂલેછે; પણ જ્યારે તે ઊકાળબિંદુએ પહોંચે છે ત્યારે એકાએક અતિ ઘણું ફૂલી જાયછે, અને ત્યારે તે પ્રવાહી ન હોતાં ગ્યાસ (વાયુ) બનેછે.

એથી ઉલટું, ગરમ પાણીને ટાઢું પડવા દેવાથી સારી ઋતુમાં વાની સાધારણ ઉષ્ણતાએ પહોંચતા લગી તે આસ્તે આસ્તે સંકોચાય છે; પણ જો ટાઢ ઘણી પડી હોય, અથવા કૃત્રિમ ઉપાયથી પાણીને શીતળ કરવામાં આવે તો કેટલીક ઉષ્ણતા (૩૯) એ પહોંચતાં સુધી તે સંકોચાયું જાયછે, અને પછી પાછું ફૂલવા માંડેછે. હવાની સાધારણ ઉષ્ણતાએ જે પદાર્થો પ્રવાહી છે તે બધાથી પાણી આ તેના વિશેષ લક્ષણમાં જુદું પડેછે. એને લીધે ૩૯ ગરમીએ સ્વચ્છ પાણીનું ઘટત્વ કે વિશેષગુરૂત્વ વધારેમાં વધારે છે, અને સરખે માપે કે કદે બીજી હરકોઈ ઉષ્ણતાવાળા પાણીથી એટલી (૩૯) ઉષ્ણતાનું પાણી વધારે ભારે છે. માટે જ્યારે કોઈ વાસણમાંનું મથાળાનું પાણી ઠરી જઈ એટલી ઉષ્ણતાએ પહોંચે ત્યારે તે તળીએ બેસેછે, અને

કોઈ પાત્રના તળીઆનું પાણી ઠરી જઈ એથી ઓછી ઉષ્ણતાવાળું થાયછે, ત્યારે તે ઉપર મથાળે ચડેછે.

४०. एथी वधारे शीतळ थवाथी पाणीनुं पारदर्शक बरड घन बरफ बनेछे.

જે દેશોમાં શીઆળામાં બરફ બને એટલી ટાઢ પડેછે ત્યાં શીઆળાની રાત્રે પાણી ભરેલું ગ્લાસ બારણા બહાર મૂકવાથી તેમાંનું સઘળું પાણી આસ્તે આસ્તે ટાઢું થઈ ૩૯ ઉષ્ણતાએ પહોંચશે. એથી વધારે ટાઢું પડવાથી (એટલે ઉષ્ણતા વધારે ઓછી થવાથી) વધારે ટાઢું પડેલું પાણી તેના ઓછા ઘટત્વને લીધે આસ્તે આસ્તે મથાળે એકઠું થશે, અને તેની ઉષ્ણતા એટલી ઓછી થશે કે તેમાં થર્મામિટર મૂકવાથી પારો ૩૨ ઉપર આવશે. એ મથાળાનું પાણી ૩૨ થી કિન્ચિત્ જરા પણ વધારે શીતળ થશે કે વધારેમાં વધારે ઠંડું પ્રવાહી પાણી ઠરી જઈ ઘન પાણી કે **બરફ** થશે. તેનું પાતળું કાચના જેવું પડ મથાળે બનશે, અને જો તે તમામ પાણી તેટલાજ અંશપર્યંત ઠરે તો આસ્તે આસ્તે તે બધું તેવું બને, અર્થાત્ બરફ થાય.

એ સ્થિતિમાં પાણી ઘન છે. તે જગા રોકેછે, પ્રતિરોધ કરી શકેછે, તેને વજન છે, પાણીની પેઠે તે પણ પોતાની ગતિ બીજાને આપી શકેછે, પરંતુ તેને ગ્લાસમાંથી કાઢી ટાઢેકવાળી જગ્યામાં મૂકવાથી તેનું રૂપ જરાએ ન બદલાતાં તેવું ને તેવું રહેછે. તેને દાબતાં આંગળી પેસે નહિ તેવું ઘણું કઠણ જણાશે; વધારે દબાણ કરવાથી તે કચરાઇ જઈ કાચની પેઠે ભાંગશે. એમ કચરી તેનો ભૂકો થઈ શકે અને જાણે તે રેતી હોય તેમ તેનો (બરફના ભૂકાનો) ઢગલો થઈ શકે.

જેટલા પાણીની વરાળ થઈ હોય તેટલા પાણીના ભાર જેટલો તે વરાળનો ભાર હોયછે; બરફનું પણ એમજ છે. ગરમી લેઈ લેવાથી જેટલા પાણીનું બરફ બનાવ્યું હોય તેટલા પાણીના વજન જેટલું તે બરફનું વજન છે.

४१. जे पाणीनुं बरफ बन्युं होय तेनाथी ते बरफनुं विशेषगुरुत्व ओछुं छे.

ગ્લાસમાંના બરફનું વજન તેમાંના પાણીના વજનની સમાન છે, પણ તેનું કદ સમાન નથી. ૩૯ એ પાણી ફૂલવા માંડયું તે જારી રહી તે બરફ થયું તેવારે તેનું કદ ૧/૧૧ વધ્યું.—૩૯ એ પાણીનું કદ હતું તે કરતાં તે પાણી બરફ બન્યું ત્યારે તેનું કદ ૧/૧૧ વધારે મોટું થયું. એ ૩૯ ઉષ્ણતાએ પાણીનું વિશેષગુરૂત્વ ૧·૦ લઈએ તો બરફનું ૦·૯૧૬ છે.

પાણી ઠરી જતાં માત્ર એટલું થોડું ફૂલેછે, પણ વરાળનીપેઠે તે બહુજ જોરથી ફૂલેછે. લોઢાના પત્રાના વાસણમાં છલાછલ પાણી ભરી તેના ઢાકણને સ્ક્રુથી સજડ બંધ કરી લેઈ તેને એવા શીતળ સ્થળમાં મૂકો કે પાણીનું બરફ બને. ઠરી જવામાં પાણી તે વાસણને ફાડી નાંખશે. જે દેશોમાં પાણી થીજી જઈ બરફ બને એટલી ટાઢ પડેછે તેઓમાં જ્યારે બહુ સખ્ત ટાઢ પડેછે ત્યારે ઘરમાં પાણી આણવાની લોઢાની નળીઓ હોયછે તેઓ ઘણીકવાર ફાટેછે. એનું કારણ એ કે તેઓમાંનું પાણી ઠરી જાયછે, અને નળીઓમાંથી બહાર નીકળી શકતું નથી તેથી તેઓને ફાડી નાંખેછે. જેમ બાંહે ઘણી તંગ હોવાથી હાથ માતો નથી ત્યારે પહેરતાં કે પહેર્યા પછી વાંકો વાળતાં તે બાંહે ફાટેછે તેમ એ બરફ નળીને ફાડેછે. જ્યાં બરફ બને છે ત્યાંના પર્વતોની હવામાં ખુલ્લાં રહેલાં મથાળાંને તથા કઠણમાં કઠણ ખડકોને બરફ ભાંગેછે, અને જાણે પત્થર તોડનારાને ત્યાં કામે લગાડ્યા હોય તેમ જણાયછે—ઊનાળામાં નાના ચીરા અને ફાટોમાં પાણી ઉતરે છે અને પત્થરમાં સોસાઈ તેમાં રહેછે. પછી શિયાળામાં ટાઢ પડેછે તેવારે તે ઠરી જાયછે. ઉપર કહ્યાપ્રમાણે જેમ નળીઓને ફોડેછે તેમ એ બરફ બનેલું પાણી ખડકોને ફોડેછે.

૪૨. वातावरणमांनो जळग्यास घनीकरण पामी झीणा बरफना स्फाटिक बनेछे तेने हिम कहेछे.*

જે દેશોમાં હિમ વરસેછે તેઓમાં વાદળાં વગરની રાત્રે ઘણી ટાઢ પડી હોયછે ત્યારે ત્યાંનાં શહેરો અને ગામોનાં છાપરાં અને અગાશીઓ ધોળા ભૂકાથી ઢંકાઈ જાયછે. એ ભૂકો હિમ એટલે બરફ થઈ ગયલી ઝાકળ છે; ઓરડાઓની કાચની બારીઓ ઉપર નાજુક છોડવાના જેવા અતિસુંદર આકારો સવારમાં જોવામાં આવેછે. એ હિમમાંથી થોડો લેઈને અથવા બારીના કાચને વળગેલો છે તેમાંનો થોડો ઉખેડી લેઈને (હિમ વળગવાથી એ કાચ ઘુંટેલા હોય તેવા દેખાયછે) હાથમાં રાખવાથી તે ઓગળી જઈ પાણી થઈ જાયછે. વસ્તુત: એ બરફ છે. બારીના કાચપર તેના આકારો છે તેઓને સૂક્ષ્મદર્શક કાચવડે જોતાં તેઓ બરફના ઝીણા ઝીણા કકડાઓના બનેલા અને તે કકડાઓનો નિશ્ચિત આકાર હોઈ તેઓ નિયમિતરૂપે ગોઠવાયલા દેખાયછે. એ નિશ્ચિતરૂપના કકડાઓમાંનો પ્રત્યેક કકડો નીચેપ્રમાણે બનેલો હોયછે. ઓરડાઓમાંનો વા બહારના વાથી ઘણો વધારે શીતળ હોયછે, અને શ્વાસોશ્વાસમાંથી નીકળેલું તથા ભીનાં ભૂમિપરથી સૂકાયલું પાણી તે વાની ઉષ્ણતાથી જળગ્યાસ (બાફ) રૂપે રાખી શકાય તેટલું લગભગ તેમાં હોયછે. બારીના કાચ પાતળા હોવાથી બહારની ટાઢી હવાએ કરીને ટાઢા થાયછે, અને ઓરડાની અંદરનો જળગ્યાસ હોયછે તે એ શીતળ કાચને લાગવાથી સંકોચન પામી ટાઢા પાણીનાં સૂક્ષ્મબિન્દુઓ બનેછે. બારીના કાચ વધારે વધારે ટાઢા થતા જાયછે તેથી અંતે એ સૂક્ષ્મજળબિન્દુઓ થીજી જાયછે, અને પાણી ઘન બનેછે એટલુંજ નહિ, પણ **સ્ફાટિક બનેછે;** સ્ફાટિક બનેછે એનો અર્થ એ કે એ સૂક્ષ્મઘનસમૂહો ઓછાં વધતાં નિયમિત ભૂમિતિરૂપો ધારણ કરેછે અને તેનાં પાસાં ચપટાં હોયછે તથા એક એક જોડે સ્થાયી ખૂણા કરેછે, તેથી તેઓ

---

* હિંદની ઉત્તર મર્યાદાએ આવેલા મોટા પર્વતની ઉપર હિમ પડ્યું રહેછે તેપરથી તેને હિમાલય કહેછે. ભાષાંતર કર્તા.

કાચના કોઈ ઠરાવેલી તરેહના પહેલ પાડેલા કકડા જેવા હોયછે. વસ્તુતઃ તમામ બરફ સ્ફાટિકરૂપમાં હોયછે, પરંતુ પાણીના જાડા પટો ઠરી જઈ બરફ બનેછે તેના સ્ફાટિકો એક એકમાં એટલા બધા જોડાઈ ગયા હોયછે કે તેઓને જુદા જુદા પારખી શકાતા નથી.

४३. बरफने ऊनुं करवामां गरमी ३२ पहोचतां वारने तेनुं पाछुं पाणी थवा मांडेछे.

ઠંડા દેશોમાં ટાઢ ઘણી પડી હોયછે તેવારે ખુલ્લી હવામાંથી આણેલા બરફના ગાંગડાની ઉષ્ણતા ૩૦, કે ૨૦ કે તેથી ઓછી હોયછે. હુંફાળા ઓરડામાં લઈ જવાથી આસ્તે આસ્તે તેની ઉષ્ણતા વધેછે, તથાપિ ૩૨ ગરમી થતાંસુધી તેમાં બીજો કાંઈ વિકાર થતો નથી. ત્યારે તે ઓગળવા માંડેછે; અને તેનું પાણી થાયછે તેની ઉષ્ણતા પણ પ્રથમ ૩૨ ની હોયછે.

મસ તાપવાળા વસ્તેવની મધ્યે બરફનો ગાંગડો નાંખશો તો એ જ્યાંલગી તેમાંની બરફરૂપે એક રજ પણ રહેશે ત્યાંલગી તેની ઉષ્ણતા ૩૨ રહેશે, તેથી વધારે નહિ હોય. પાણીને ઉકાળબિન્દુપર્યંત ગરમ કરવામાં જે જોવામાં આવ્યું છે તેને પૂર્ણ સમાન્તર આ બનાવ છે. જ્યાંલગી પાણીનો કાંઈ ભાગ વરાળ થયાવિનાનો રહેછે ત્યાંલગી તેની ઉષ્ણતા વધતી નથી. વળી વરાળની ઉષ્ણતા પણ પ્રથમ ૨૧૨ હોયછે.

४४. बरफ घनरूप, पाणी प्रवाहीरूप, अने वराळ ग्यास (वायु) रूप, ए एक स्वाभाविक वस्तुनी त्रणस्थितिओ छे; ए प्रत्येक स्थितिनो आधार उष्णतानुं अमुक परिमाण छे.

જેવી ભિન્નતા હરકોઈ ત્રણ ચીજોની વચ્ચે હોઈ શકે તેવી ભિન્નતા બરફ, પ્રવાહી પાણી, અને વરાળની વચ્ચે છે. એમ છતાં

તેઓ એક પાણી વસ્તુની સ્થિતિઓ છે એમ આપણે કહીએ છીએ તેનો અર્થ શો ?

એનો વાસ્તવિક અર્થ એ છે કે આપણે પાણીનું અમુક પરિમાણ લેઈએ, કહો કે એક ઘનઈન્ચ, અને તેનું પ્રથમ બરફ બનાવીએ અને પછી વરાળ કરીએ તો એ ત્રણે વિકારોમાં કાંઈક એક સરખું રહે તેવું છે. પ્રથમ તો એ કાંઈક એ ભૌતિકપદાર્થનું વજન છે. એટલા પાણીનો ભાર ૨૫૨ાા ગ્રેન છે, તેનું બરફ થયું તેનો ભાર ૨૫૨ાા ગ્રેન છે, અને તેની વરાળ થઈ તેનો ભાર ૨૫૨ાા ગ્રેન છે. બીજું એ છે કે, સરખા બળથી બરફ, પાણી, અને વરાળમાં સરખા વેગવાળી ગતિ આવેછે; અને ગતિ પામ્યા પછી જે કોઈ ખશી શકે તેવી ચીજ જોડે અથડાયાથી એકસરખી અસર ઉત્પન્ન કરેછે.

ત્રીજું એ કે, તમે રસાયનશાસ્ત્ર ભણશો ત્યારે શીખશો, કે બરફ, વરાળ, અને પ્રવાહી પાણી એ ત્રણેમાંથી **ઑક્સિજન** અને **હૈડ્રોજન** ગ્યાસો સરખા વજનમાં નીકળે છે, અને બીજું કાંઈ નીકળતું નથી. પ્રત્યેક ઘનઇંચ પાણી, ૧૭૦૦ ઘનઇંચ વરાળ, અને ૧$\frac{૧}{૧૧}$ ઘનઇંચ બરફમાંની ૨૮$\frac{૧}{૧૮}$ ગ્રેન હૈડ્રોજન તથા ૨૨૪$\frac{૮}{૧૮}$ ગ્રેન ઑક્સિજન નીકળે છે, અને બીજું કાંઈ નીકળતું નથી.

પાણીનું અને બરફનું અમુક આપેલું પરિમાણ હોય અને તેની વરાળ કરી હોય તેના ભારમાં જરાએ ફેર પડતો નથી તે પરથી સ્પષ્ટ જણાયછે કે વરાળ કરવાને જે ઉષ્ણતા ઉમેરી અથવા બરફ કરવાને જે ગરમી લેઈ લીધી તેમાં ભાર હોઈ શકે નહિ. માટે જો ઉષ્ણતા કે ગરમી ભૌતિકપદાર્થ હોય તો તે ભારવિનાનો હોવો જોઈએ—અને તેથી પહેલાં ઉષ્ણતાને **નિર્ભાર** પદાર્થ કહેતા. એને તાપતત્ત્વ નામે એક પ્રકારનો ફ્લુઇડ ધારતા અને ભારવિનાનો તથા પદાર્થોને તપાવવામાં આવે તેવારે તેઓમાં પેશી તેઓના રજકણોને એક એકથી દૂર ધકેલનાર અને તેઓમાંથી નીકળી જાય અને તેઓ ટાઢા પડે ત્યારે તે રજકણને એક એકની પાસે પાછાં જવા દેનાર વસ્તુ ધારવામાં આવતી.

૪૯. उष्णतानां दर्शनो ए भौतिक पदार्थोना रजकणोनी उतावळी गतिनां कार्यो छे.

તોપણ એટલું નક્કી છે કે ગતિથી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થઈ શકેછે. પાઈ ઘસવાથી ગરમ થાયછે એ સર્વે જાણેછે. કસબી લુવાર લોઢાનો કકડો લાલ થાય એટલો ઊનો ટીપીને કરી શકશે. ગાડીના પૈડાંને બરોબર ઊંજ્યાં નથી હોતાં ત્યારે તેઓની ધરી નાભીમાં (નાયડીમાં) ઘસાવાથી તપી જઈ લાલ થાયછે; અને બે બરફના કકડાને પણ એક એકની જોડે ઘસવાથી ઓગાળી શકાયછે. જે ઈંદ્રિયબોધ કે લાગણીને આપણે ઉષ્ણતા કે ગરમી કહીએ છીએ અને જે સકળ દેખાવો ઉષ્ણતાથી થતા ગણીએ છીએ તે સર્વે ભૌતિક પદાર્થની ઉતાવળી ગતિનાં કાર્યો છે એ માનવાને પુષ્કળ કારણો છે એવું તમે પદાર્થવિજ્ઞાન શીખશો ત્યારે જાણશો.

તોપણ સ્થિર કે શાંત વસ્તુને ગતિનાં જરાએ ચિન્હ દર્શાવ્યાવિના તપાવી શકાય. પ્યાલામાં ૩૨° ગરમીવાળા પાણીનું પૃષ્ઠ જેટલું શાંત હોયછે તેટલુંજ ૧૦૦° ગરમીવાળા પાણીનું હોયછે. તો ઉષ્ણતા એક પ્રકારની ગતિ છે તથા હરકોઈ વસ્તુ જેમ વધારે તપેલી તેમ તે વસ્તુમાં ગતિ વધારે એમ કહેવાનો શો અર્થ ?

એ પ્રશ્નનો ઉત્તર એ છે કે ઉષ્ણતાદર્શન જે ગતિવડે થાયછે તે તપેલી વસ્તુના આખા પિંડની દેખાઈતી ગતિ નથી, પરંતુ જે રજકણોની તે વસ્તુ થયેલી છે તેઓની પ્રત્યેકની ગતિ છે. અને દરેક રજકણ સીધો આગળ ચાલતો નથી, પણ તેજ સ્થળમાં મોટા ઘડિયાળના લોલકની કે નાના ઘડિયાળના સમતોલક ચક્રનીપેઠે આગળ અને પાછળ આવજા કરેછે. વસ્તુતઃ તે એક પ્રકારનું આન્દોલન કે કંપારો છે; પ્રત્યેક આન્દોલન કે કંપારો બહુ થોડા અંતરમાં અને ઘણી ઝડપથી થાયછે. જેમ ભૌતિકપદાર્થના રજકણોની આન્દોલમાન ગતિથી એટલે કંપારાથી નાદ (અવાજ) થાયછે તેમજ (તેજ કારણથી) ઉષ્ણતાનો બોધ થાયછે. તંબુરાદિક વાદિત્રોના તારોની ભમરીઓને હાથ લાગવાથી તે કંપેછે એ નક્કી છે, કેમકે જો

સુર નીચો હશે તો તમે તે નજરે જોઈ શકશો. હવે જો તમે લાકડાના લાંબા કકડાને એક છેડે તે ભમરીને લગાડશો તો તેની ધ્રુજતી ગતિ લાકડાના રજકણોમાં પ્રવેશ કરશે અને તે લાકડાને બીજે છેડે કાન લગાડશો તો તે ધ્રુજારો તમે મોટેથી સાંભળશો. જ્યાંસૂધી નાદ સંભળાયાં કરશે ત્યાંસૂધી લાકડાના રજકણોમાં આંદોલમાન ગતિ જારી હોવાની. તોપણ લાકડાનો આખો કકડો હાલતો ચાલતો જણાતો નથી. રજકણો આન્દોલન કરેછે, પણ તેઓ એટલા સૂક્ષ્મ સ્થળમાં તેમ કરેછે કે તેઓની ગતિ અગોચર છે.

પરંતુ ભૌતિકપદાર્થના જે **રજકણો** તેઓના કંપારાથી ઉષ્ણતાદર્શન ઉત્પન્ન કરેછે તેઓ શું છે?

૪૬. पाणीनी रचना.

આપણે જોયું કે સ્વચ્છ પાણી પૂર્ણ નિર્મળ અને પારદર્શક હોયછે. નરી આંખથી તેના એક ભાગ અને બીજા ભાગની વચ્ચે કાંઈ ભેદ જણાતો નથી. બીજા બોલોમાં કહીએ તો તેને દેખાઈતું પોત કે નજરે જણાય તેવી **રચના** નથી. તોપણ એપરથી એમ ન કહેવાય કે તેને રચના ખરેખરી નથીજ, કેમકે જેઓનો દેખાવ એકસરખો છે કે જેઓ **સવર્ણ** દેખાયછે એવી ઘણી ચીજો છે, તથાપિ વર્ધદર્શક કાચવડે પારખી જોતાં તેઓને રચના છે એમ માલૂમ પડેછે. ઉદાહરણ, બારીક કુમાશવાળા ધોળા કાગળનો તા પૂર્ણ એકસરખો અને સુંવાળો નજરે દેખાયછે; પણ થોડી શક્તિના વર્ધદર્શક કાચમાંથી જોતાં લાકડાના સૂક્ષ્મ તંતુઓ દેખાયછે. એ તંતુઓનો તે બનેલો છે. પ્રબળ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રવડે નિરખતાં તે કાગળ ખરબચડી સાદડી જેવો દેખાયછે.

પણ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રમાંથી જોવાની વસ્તુઓને કાચની નાની પટી ઉપર મૂકેછે તેવી પટી ઉપર પાણીનું નાનું ટીપું મેલી તેના ઉપર પાતળો કાચ એવી રીતે મૂકીએ કે તે પાણી પથરાઈ બહુ પાતળું પડ બને, (એ પડની જાડાઇ એક ઇંચના $\frac{1}{10000}$ ભારથી કદાચ વધારે નહિ હોય). વધારેમાં વધારે શક્તિવાળા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રથી

તપાસતાં તે એકસરખું દીસેછે, અને પ્રથમ જેમ તેના કણો જણાતા નહિ તેમ એમાંથી પણ જણાતા નથી. એથી પણ એવું સિદ્ધ થતું નથી કે એક એકથી સ્પષ્ટ જુદા રહેલા સૂક્ષ્મ ભાગો કે કણોનું પાણી બનેલું નથી. એપરથી એટલું માત્ર જણાય કે એ કણો એટલા અતિ ઝીણા છે કે વ્યાસને ચાર કે પાંચ હજાર ગણા મોટા દેખાડનારા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રમાંથી પણ તેઓ પારખી શકાતા નથી.

એ તો નક્કી છે કે ઘન પદાર્થના ભાગો એટલાબધા ઝીણા કણોમાં થઈ શકેછે કે સર્વોત્તમ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રોમાં પણ તે કણો નજરે પડતા નથી. સાધારણ રાળ પાણીમાં ઓગળતી નથી, પણ જલદ દારૂમાં કે મદ્યાર્કમાં તે તુરત ઓગળી જાયછે, અને રાળનો રોગાન એ મદ્યાર્કમાં ઓગળેલી રાળ છે. રાળના રોગાનમાં પાણી રેડવાથી મદ્યાર્ક પાણી જોડે મળી જાયછે, અને રાળનો રોગાન દેખી શકાય તેવા ધોળાશ મારતા રજકણોના બનેલા દહિં જેવા પદાર્થરૂપે નીચે બેસેછે. પણ જો એ રોગાનનું એક ટીપું મસ પાણીમાં, કહો કે અર્ધા પૈન્ટ પાણીમાં, નાંખો તેજ વખતે પાણીને ખૂબ ડોળીએ તો તે ઘનરૂપે છૂટું પડી જશે ખરૂં, તથાપિ તેના વિભાગો અતિ સૂક્ષ્મ થઈ જવાના. રાળના ઘનકણો નરી આંખને છૂટા દેખાશે નહિ, પણ પાણી ઝાંખા દૂધના રંગનું થશે.

પાણીમાં રાળના ઘનકણો પ્રસરેલા હોવાથી તેનો (પાણીનો) રંગ દૂધ જેવો જણાયછે; અને જો પ્રયોગ બરાબર રીતે થઈ શકે તો એ રોગાનનું એક ટીપું પાણીમાં પ્રસરાવી શકાય, અને મોટામાં મોટી શક્તિવાળા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રથી તપાશી શકાય અને એ કણોમાંનું કોઈએ નજરે પડે નહિ. આંખના સંબંધમાં તો સ્વચ્છ પાણીનું ટીપું પ્રસરાવ્યા જેવું હોઈ શકે. જે ઘનકણનો વ્યાસ $\frac{૧}{૧૦૦૦૦૦}$ ઇંચ હોય તેપણ સર્વોત્તમ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રમાંથી કેવળ સ્પષ્ટ જોઈ શકાયછે; અને સંભવિત છે કે એથી મસ નાના વ્યાસના અપારદર્શક ઘનરજકણો ધાબા કે આભલા જેવા દેખા દે. માટે રાળના રજકણો અદૃશ્ય રહે એટલા બધા તેઓથી એ નાના હોવા જોઈએ. એ ઉપરથી એમ નીકળે છે કે જો પાણી $\frac{૧}{૧૦૦૦૦૦૦}$ ઇંચ વ્યાસવાળા ભિન્નકણો

કે બિંદુઓનું બનેલું હોય અને તેથી તેની રચના અતિ સૂક્ષ્મ ગોળીઓનો સમૂહ હોય તો આજપર્યંત બનેલા કોઈ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રવડે તે રચનાનું કશું ચિન્હ નજરે પડે નહિ. તેનો કોઈ પ્રત્યક્ષ પુરાવો આપણે મેળવી શકીએ નહિ.

૪૭. धारणा के प्रतिज्ञा; तेनो उपयोग अने माल.

કોઈ સ્વાભાવિક સત્યવિષે નિરીક્ષા કરવાનાં સાધનો કોઈ મર્યાદાથી આપણને વધારે આગળ લઈ જઈ શકે નહિ ત્યારે ત્યાંથી એક ડગલું આગળ ભરી શકીએ તો શું જોવામાં આવે તેની ધારણા કરવી એ સંપૂર્ણ ઉચિત અને ઘણીવાર અતિ ઉપયોગી છે. આ પ્રકારની ધારણાને **પ્રતિજ્ઞા** કહેછે. એવી કોઈ પ્રતિજ્ઞા ખરી છે એવું માની તેવડે તર્ક કરતાં જે દગ્વિષયસંબંધી તે હોય તે વિષયને જેટલે દરજ્જે સમજાવી શકે તેપ્રમાણે તેમાં માલ ગણવામાં આવેછે.

ઉદાહરણ.—તમારી પાછળ નજીકમાં કોઈ આદમી ઊભો છે, અને એકાએક તમારી પીઠ ઉપર મુક્કો વાગ્યો તો તે મારનાર કોણ તેનો પ્રત્યક્ષ પુરાવો તમારી પાસે નથી; અને ત્યાં તમે બે જણાજ હો તો તે તમને મળી શકે પણ નહિ; તથાપિ તમે તુરત ધારોછો કે એ માણસે તે મુક્કો તમને માર્યો. હવે એ ધારણા કે પ્રતિજ્ઞા છે, અને તે ઉચિત છે તેનું એક કારણ એ કે જે બનાવ બન્યો તેનો ખુલાસો કરેછે, અને બીજું એ કે બીજો કોઈ ખુલાસો સંભવિત નથી; સંભવિતનો અર્થ એ કે સૃષ્ટિના સાધારણ ક્રમપ્રમાણે. તમારો સાથી એમ કહે કે તમને મુક્કો વાગ્યો એ તમારી કલ્પના છે, અથવા કોઈ અદૃશ્ય પ્રેતે માર્યો તો સંભવિત છે કે તમે તેનો એ ખુલાસો માનશો નહિ, તમે કહેશો કે જે પ્રતિજ્ઞાઓવડે તે ખુલાસો કરેછે તે અતિ અસંભવિત છે; અથવા બીજા બોલમાં કહીએ તો એમ કે સૃષ્ટિના સાધારણ ક્રમમાં એ પ્રકારની કલ્પનાઓ આવતી નથી, અને પ્રેતો મુક્કા મારતા નથી. વસ્તુતઃ તેથી ધારણા કે પ્રતિજ્ઞા અનુચિત અને તમારી ઉચિત લાગવાની; અને તમે તમારી પ્રમાણે વર્તશો એવો પૂરો સંભવ છે. આપણા નિત્યના ભવ વ્યવહારમાં આપણાં નવ–દશાંશ

કૃત્યોનો પાયો ધારણા કે પ્રતિજ્ઞા છે, અને આપણા કામકાજનું સફળ કે નિષ્ફળ થવાનો• આધાર એ ધારણાઓના ઉચિતપણા ઉપર છે. કોઈ માણસ સદા સાચો છે એવું ધારી તમે તેનું કહ્યું ખરૂં માનોછો; તે નાણાં પાછાં આપી શકશે એવું ધારી તમે તેને નાણાં ધીરોછો.

એમ સર્વ કોઈ ધારણા (પ્રતિજ્ઞા) કલ્પેછે. અને જે બનાવોના કારણનો તેમની પાસે પ્રત્યક્ષ પુરાવો નથી તેઓનેમાટે તેમ કરવાની તેઓને જરૂર પડેછે; અને સાધારણ સંસાર–વહેવારના કામકાજમાં ધારણા કરવી એ જેટલું ઉચિત અને જરૂરનું છે તેટલુંજ સાયન્સમાં છે. સાયન્સની શોધનેમાટે તર્ક કરનારે માત્ર એટલુંજ યાદ રાખવું કે ધારણા કે પ્રતિજ્ઞાને સાધન સમજવું, હેતુ કે પરિણામ ગણવાં નહિ, સૃષ્ટિનો ક્રમ સમજાવવામાં સહાય કરે ત્યાંલગી તેને સ્વીકારવી; તથાપિ તે ક્રમના કોઈ ભાગની વિરૂદ્ધ માલૂમ પડે કે આનાકાની વિના તેને તુરત તજવી જોઈએ. આ વાત કોઈવાર ભવના રોજના કામકાજમાં વિસારી દેવામાં આવેછે.

४८. पाणीविषे प्रतिज्ञा (धारणा) एवी छे के ते पृथक् कणोनुं बनेलुं छे.

પાણીના પૃથક્ કણો આપણે જોઈ શકતા નથી, અને જો તે તેઓનું બનેલું હશે તોએ તેઓને જોઈ શકવાની ઝાઝી આશા નથી એવું પૂર્વે જણાવવામાં આવ્યું છે. તથાપિ વાશી પાણી એવા કણોનું બનેલું છે એવું ધારવાથી પાણીના ગુણોનો પ્રકાશ કરી શકાય તો તે ધારવું કેવળ ઉચિત છે.

તો ધારો કે પ્રવાહી પાણીનો હરકોઈ અંશ કણોની અતિ ઘણી મોટી સંખ્યાનો બનેલો છે, અને તેના વ્યાસની લંબાઈ એક ઈંચનો દશ લાખમો ભાગ (અને સંભવિત છે કે તેથીએ નાનો) છે. કણોને આપણે અણુ કહીશું.

ભૌતિકપદાર્થના સામાન્ય ગુણો (૧૮ મી કલમ) પ્રમાણે ધારણા કરવી કે એ અણુઓમાં એક એકની ક્ને જવાનું વલણ છે એ વાજબી છે. વળી પાણી કિંચિત્ સંકોચન પામી શકેછે તે ઉપ-

રથી ધારણા કરવી કે અણુઓ એક એકને વાસ્તવિક સ્પર્શ કરી રહેલા નથી, અને ધૂળવાળા ઓરડામાંની હવામાં ઊડતી રજો જેમ એક એકથી છૂટી છે તેમ એ અણુઓની વચ્ચમાં અવકાશ હોઈ તેઓ એક એકથી છૂટા છે એ ગેરવાજબી નથી.

એ અણુઓ છૂટા શાથી રહ્યા છે? આપણે જાણ્યું છે કે ભારે બાહ્ય દબાણથી પણ તેઓ એક એકની સહજ વધારે સમીપ જાયછે; એ માટે તેઓને એક એકથી વેગળા રાખનાર કોઈ પ્રકારનો પ્રતિરોધ તેની બરોબર છે. જે ઈંદ્રિયબોધને આપણે ઉષ્ણતા કે ગરમી ઓળખીએ છીએ તેનું અને આ પ્રતિરોધનું મૂળ એકજ હોવું જોઈએ, કારણ કે આપણે જોયું કે ગરમી ઘટવાથી પાણીનું કદ ઘટેછે; એટલે અણુઓને વધારે પાસે આવવા દેછે; એટલે એક એકથી દૂર રહેવાનું વલણ ઓછું થાયછે. ઉષ્ણતા વધેછે ત્યારે એથી ઉલટું બનેછે, તેમ થવાથી પાણીનું કદ વધેછે; એટલે અણુઓને એક એકથી દૂર રહેવાનું વલણ વધેછે.

ધારો કે પાણીના અણુઓના એક એકની પાસે આવવાના કારણનું નામ આપણે **આકર્ષક બળ** પાડીએ; અને તેઓને એક એકથી છૂટા રાખવાના કારણને **પ્રતિસારક બળ** કહીએ. એ બીજું કારણ આપણને ઉષ્ણતાબોધે કરીને જણાય છે, અને આપણે જોયું તેમ, પૂરો સંભવ છે, કે તે અણુઓની ઉતાવળી આન્દોલક કે ભ્રમણ ગતિ છે. પાણી પ્રવાહી સ્થિતિમાં હોયછે ત્યારે એ બળો એવાં સમાન આવી રહ્યાં છે કે અણુઓને ચલન કરવાની પૂર્ણ છૂટ મળેછે અને તેઓ એક એકની સાથે રહેછે.

ગરમી ઉમેરવાથી પ્રતિસારક બળ એટલે સુધી વધેછે કે અણુઓ પહેલા હતા તેથી દરેક દિશામાં એક એકથી બારગણા દૂર ખસેછે; અને આકર્ષક બળ જીતાયાથી અણુઓ બંધીઆર પાત્રમાંથી નીકળવાની છૂટ મળવાથી બધી દિશામાં ઊડી જાયછે. ઉષ્ણતા લેઈ લેવાથી એથી ઉલટું બનેછે, પ્રતિસારક બળ એટલેલગી ઘટી જાયછે કે અણુઓ છૂટા પડતા નથી અને પાણી ઘનરૂપ ધારણ કરછે.

એવું સંભવે છે કે ૩૯ થી ઓછી ઉષ્ણતાએ પાણીના ફૂલવાનો

આધાર અણુઓ એક એકની પાસે આવેછે તેવારે તેઓની કોઈ વિશેષ ગોઠવણ ઉપર છે. જો ચાર ચાર માણસોની ચાર હાર એકની પાછળ એક એમ ઊભા રાખીએ અને તેમાંનો દરેક આદમી તેના સાથીથી એક ફુટને છેટે હોય તો એ સોળ આદમીઓ એમ જેટલી જગા રોકે તેથી વધારે જગા તેઓ એક એકની વધારે પાસે ઊભા રહી પોલો સમચોરસ બને તેમ ઊભા રહે તો રોકી શકે. ઘન અવસ્થા ધારણ કરવામાં પાણીના અણુઓ કોઈ અમુક ક્રમમાં ગોઠવાય છે એ બરફના સ્ફાટિકરૂપ ઉપરથી જણાયછે. કોઈ નિશ્ચિત ભૂમિતિક આકાર પ્રમાણે પ્રત્યેક રવાના અણુઓ ગોઠવાય છે તેથી તેનો ઘાટ હોયછે તે બનેછે.

પાણી પૃથક્ કે ભિન્ન કણોનું બનેલું છે એ પ્રતિજ્ઞા એમ ઉપયોગી છે, કેમકે પાણીના ગુણોસંબંધી ખુલાસો કરવામાં તે સહાય કરેછે. અને તમે પદાર્થવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કરશો અને ગતિના નિયમો શીખશો ત્યારે તમને માલૂમ પડશે કે અવલોકન અને પ્રયોગથી સિદ્ધ થયેલાં અગણિત સત્યોનો ખુલાસો આ પ્રતિજ્ઞાથી થઈ શકેછે. માટે જ્યાંપર્યંત એની વિરૂદ્ધ સત્યો જડ્યાં નથી ત્યાંપર્યંત સૃષ્ટિના ક્રમનો પ્રકાશ કરનાર તરીકે એને સ્વીકારવી અને ઉપયોગમાં લેવી એ વાજબી છે.

૪૯. संभवित छे के सकळ भौतिकपदार्थ अणुओनो के परमाणुओनो बनेलो छे.

પાણી પૃથક્ (ભિન્ન) કણોનું બનેલું છે એ ધારણા જે કારણોને લીધે સ્વીકારવામાં આવી તેઓજ તેને ભૌતિકપદાર્થનાં બધાં રૂપોને કે પ્રકારોને લાગુ પાડવાં એ ખરૂં છે એમ દર્શાવેછે.

ઉદાહરણને માટે પારો લઈએ. એ ધાતુ પારાના અત્યંત બારીક કણોનો બનેલો ધારી શકાય, અને ઉષ્ણતામાનપ્રમાણે તેઓ ઘનરૂપ કે પ્રવાહીરૂપ (સાધારણ પારો જે રૂપે જોવામાં આવેછે તે) અથવા વાયુરૂપ (વરાળરૂપ) ધારણ કરેછે. પારા ઉપર હરકોઈ ક્રિયા કર્યા છતાં તેમાંથી પારાવિના બીજું કાંઈ નીકળતું નથી. પારાના

કણોના કદી વિભાગ થઈ શક્યા નથી તેમાટે તેઓ બહુધા **પરમાણુ** કહેવાયછે. જે કણોના ભાગ થઈ શકે નહિ તેઓને **પરમાણુ** કહેછે. પારો તત્ત્વ કહેવાય છે. જે પદાર્થ અમિશ્ર એટલે એકથી વધારે પદાર્થોનો બનેલો નથી તે **તત્ત્વ** કહેવાય.

આ ઉદાહરણમાં સત્ય અને ધારણાનો ભેદ દેખાડવો બહુ ઉપયોગી છે. સત્ય એ છે કે આજસૂધી સ્વચ્છ પારામાંથી સ્વચ્છ પારાવિના બીજું કાંઇ નીકળ્યું નથી. પારો અમિશ્ર પદાર્થ છે અને તે વાસ્તે તેના કણમાંથી ભેગ કાઢી શકાય નહિ એટલે તેમાંથી બીજા પદાર્થો કાઢી શકાય નહિ એ ધારણા છે, અને તે ભવિષ્યનાં અવલોકન અને પ્રયોગો બહાલ રાખે કે ન રાખે.

દોઢસો વર્ષોપર યૂરોપમાં પાણીને પણ પારાની પેઠે સર્વ કોઈ તત્ત્વ માનતા.* પરંતુ પાણી મિશ્ર પદાર્થ છે એ હવણા પ્રખ્યાત સત્ય છે. વસ્તુતઃ આગળ કહ્યું તેમ પાણીના કણોના ભાગ ઝટ થઈ શકેછે એટલે તેઓનું **પૃથક્કરણ** થઈ શકેછે. પૃથક્કરણથી તેમાંથી બે કેવળ નોખા વાયુઓ નામે ઑક્સિજન અને હૈડ્રોજન નીકળેછે. તે હરકોઈ જાણવામાં આવેલા ઉષ્ણતામાનમાં વાયુરૂપે રહેછે, પરંતુ અત્યંત શીતળતાની જોડે બહુ ભારે દબાણ લગાડવાથી તેઓને પ્રવાહી રૂપમાં અણાયછે. પાણીનું પૃથક્કરણ કરવાની રીત તમે રસાયનવિદ્યાનો અભ્યાસ કરશો ત્યારે શીખશો. ઑક્સિજન અને હૈડ્રોજન એ બંનેનેવિષે ધારણા એવી છે કે તેઓ કણોના બનેલાછે, અને હાલનાં જણાયલાં હરકોઇ સાધનોવડે બેમાંથી એકેના કણોનું પૃથક્કરણ થઈ શકતું નથી માટે તેઓને પારાના કણોની પેઠે **પરમાણુ** ગણવામાં આવેછે.

નવભાર સ્વચ્છ પાણીનું પૃથક્કરણ કરવાથી તેનું હમેશ આઠભાર ઑક્સિજન અને એક ભાર હૈડ્રોજન થાયછે. માટે પાણીનો ધારેલો

---

* પ્રાચીન સંસ્કૃત ગ્રંથમાં પણ પાણીને તત્ત્વ કહ્યું છે અને જેઓ અર્વાચીન શોધોથી અજાણ્યા છે તેઓ હજી તેને તત્ત્વ માનેછે.

ભાષાન્તરકર્તા.

કણ કે અણુ એ વજનપ્રમાણે ઑક્સિજન અને હૈડ્રોજનનો બનેલો હોવો જોઈએ; અને પાણીના પ્રત્યેક અણુમાં એક ઑક્સિજનનો પરમાણુ અને બે હૈડ્રોજનના પરમાણુ હોવા જોઈએ એવું માનવાને રસાયનશાસ્ત્રને કારણો મળેછે. એમ હોય તો પાણીની રચના આપણે ધાર્યું હતું તેથી વધારે ગુંચવાયલી હોવી જોઈએ; તથા પાણીનો દરેક કણ (અણુ) ત્રણ ભિન્ન પરમાણુઓનો બનેલો દાણો હોવો જોઈએ.

૯૦. तत्त्वो (अमिश्रित भौतिकपदार्थो) नाश पामता नथी तथा सृष्टिमां तेओना परिमाणमां वधारो थतो नथी.

આપણા જાણવામાં આવ્યું છે કે એક ઘનઈન્ચ પાણીને તાપ વિદારી નાંખેછે, તે નાશ પામતું નથી, પરંતુ તેનું પ્રવાહીરૂપ બદલાઈ વાયુરૂપ થાયછે, તેના વજનમાં કાંઈ ફેર પડતો નથી. એજ ઘનઈન્ચ પાણીનું પૃથક્કરણ ઑક્સિજન અને હૈડ્રોજન ગ્યાસો (વાયુઓ)માં થાયછે તેથી પાણીનો નાશ થાયછે ખરો, તથાપિ જે પદાર્થનું તે બનેલું હતું તે વજનમાં તેટલુંજ રહેછે. જો પાણીનો ભાર ૨૫૨·૫ ગ્રેન હશે તો ઑક્સિજનનો ૨૨૪·૪૫ ગ્રેન થશે અને હૈડ્રોજનનો ૨૮·૦૫ ગ્રેન થશે. અને માણસથી જે જે થઈ શક્યું છે તે કશાથીએ એમાંના એકે ગ્યાસના આપેલા (માપેલા) વજનપર કાંઈ અસર થઈ નથી. આજપર્યંત એમ જણાયલું છે કે તત્ત્વપદાર્થોનો ભાર તેઓની હરકોઈ હાલતમાં વધ-ઘટ પામતો નથી અને જે કોઈ રૂપ તેઓ ધારણ કરે તેમાં તેઓના ભારથી તેઓ પરખાયછે. એ જો ખરૂં હોય તો પદાર્થ **અક્ષય** છે એ પ્રકૃતિનિયમ છે એમ એપરથી નીકળ્યું; તેનું પરિમાણ વધતું નથી અને ઘટતું નથી.

એ પરથી વળી એમ પણ નીકળે છે કે સૃષ્ટવસ્તુઓ અને કૃત્રિમવસ્તુઓ એક બાબતમાં એક એકને મળેછે. બેહુનેમાટે એ ખરૂં છે કે જે ભૌતિકપદાર્થના તેઓ થયલા છે તે કદી નાશ પામતો નથી, અને કદી વધતો નથી; અને એ માટે કૃત્રિમ દુનિયામાં જેમ માણ-

સની મારફતે સૃષ્ટપદાર્થોને જોડવા અને છૂટા પાડવામાં બનાવોનો ક્રમ રહેલો છે તેમ સૃષ્ટિમાં પણ બનાવોનો ક્રમ પ્રકૃતિવડે પદાર્થોને જોડવા અને છૂટા પાડવામાં રહેલો છે.

૫૧. सादुं मिश्रण.

પાણીને તોડી જે તત્ત્વોનું તે બનેલું છે તેઓને છૂટાં શી રીતે પાડવાં અથવા પાણીનું પૃથક્કરણ શી રીતે કરવું તે જાણવાને તમારે રસાયનવિદ્યાની પ્રથમ પોથી વાંચવી. પણ તે વિદ્યાનો અભ્યાસ આરંભ્યા પહેલાં પાણીથી પ્રદર્શિત થાય તેવા સંયોગીકરણ અને પૃથક્કરણના સાદા દાખલાવિષે વિચાર કરવો ઉપયોગી છે.

થોડી કુશનાઇવડે રંગીત કરેલા અચ્છેર પાણીમાં તેટલું બીજું સ્વચ્છ પાણી ઉમેરતાં બેઉ તુરત ભેળસેળ થઈ જશે; પાણીનું કુલ પરિમાણ એક શેર થશે; અને પ્રથમના અચ્છેરનો રંગ જેટલો ઘેરો હતો તેથી અર્ધો ઘેરો જણાશે. આ દાખલો સાદા **મિશ્રણ**નો છે. એ મિશ્રણનું કદ ભેળેલા પાણીઓના કદોના સરવાળા બરોબર છે, અને તેઓના ગુણોમાં કાંઈ વિકાર થયો નથી. પાણીની વરાળ થાયછે ત્યારે જળ બાસ કે વરાળ એજ રીતે વામાં ભળેછે, વરાળના કણોમાંના કણો જોડે બધે સરખું પ્રમાણ થતાંલગી ભેળસેળ થઈ જાયછે. એમજ રેતી અને ખાંડને એકેના ગુણમાં અથવા જેટલી જગ્યા તેઓ પ્રથમ રોકતાં હતાં તેઓમાં ફેરફાર કર્યાવિના ભેળી શકાય. વાપરનારના કમનસીબે ઘણીવાર એ બેને ભેળવવામાં આવેછે.

પાણી અને તેલનું એથી ઉલટું છે. તેઓ એમ ભેળસેળ થતાં નથી. પાણીમાં તેલ કે તેલમાં પાણી રેડી ગમે એટલાં બેને હલાવીએ કે ડોળીએ પણ તેઓ મળી જતાં નથી; ડોળવાથી મળેલી ગતિ બંધ પડી એ પ્રવાહીઓ સ્વસ્થ થાય કે તેલ હલકું હોવાથી પાણીની ઉપર તરેછે. તેમજ પારો અને પાણી ભેળસેળ થતાં નથી. પારો ઘણો વધારે ભારે હોવાથી પાણીની નીચે વાસણને તળીએ દોડી જાયછે. રેતી કે લોઢાનો વહેર પણ પાણીજોડે ભેળસેળ થતો નથી.

ભારે હોવાથી તેઓ પાણીને તળીએ બેસેછે. બરફનો ભૂકો, બીજે રૂપે પાણી છતાં, બરફ જેવા ટાઢા પાણીમાં ભેળસેળ થતો નથી; તે હલકો હોવાથી પાણીની ઉપર તરેછે.

૬૨. मिश्रण थवाथी घटत्वनुं वधवुं; मद्यार्क अने पाणी.

દારૂનો જલદ સાર (મદ્યાર્ક) સાફ પારદર્શક પ્રવાહી છે, અને પાણી જેવો દેખાયછે, પરંતુ ઘણીજ જુદી વસ્તુ છે. તેનો પુરાવો— ઘણી ઓછી ઉષ્ણતાએ તે ઉકળે છે, તેનો ભડકો નીલારંગનો થાયછે, તેમાં ઝેરી ગુણો છે, અને તેલની માફક તે પાણીથી ઘણો હલકો છે. હવે ધારો કે દશ સરખા ભાગો માંડેલા એવું ઉંચું માપું આપણે લેઈએ. એમાંના નીચલા પાંચ ભાગ પાણીથી ભરો અને પછી કોઈ પ્રકારે રંગેલો અતિશે જલદ મદ્યાર્ક તે ઉપર બહુ હળવે રહીને દશમા આંકાસુધી રેડો. એમ કરવાથી એ માપામાં નીચે પાંચ ભાગ પાણી થશે અને તેની ઉપર તેની બરોબર કે પાંચ ભાગ, રંગેલો મદ્યાર્ક થશે. જ્યાં બેનો સ્પર્શ થાયછે ત્યાં થોડેક નીચે પાણી રંગીત થાયછે, પણ રંગ બહુ નીચે ઉતરતો નથી તેપરથી જણાયછે કે સહજ મિશ્રણ થાયછે. એ પ્રવાહીઓ મુસ્કેલીથી ભળી જાય તેમાટે એમ થતું નથી; કેમકે સહજ હલાવવાથી સંપૂર્ણ ભેળસેળ થઈ જાયછે, અને મદ્યાર્કના રંગથી મિશ્રણનો રંગ અર્ધો ઘેરો થાયછે, અને સ્વચ્છ મદ્યાર્કના અને સ્વચ્છ પાણીના બીજા ગુણો છે તેઓમાંના ઘણાક મધ્યમ (અર્ધો અર્ધ) થાયછે.

રંગીત પાણીમાં સ્વચ્છ પાણી ઉમેરવાથી જેમ સાદું મિશ્રણ થયું હતું તેવું એટલે સૂધી એ બેનું પણ થયું; પણ વાસ્તવિક કાંઈ વધારે બન્યું છે. દરેક પ્રવાહી જુદો હતો ત્યારે જેટલો ઉષ્ણ હતો તેથી આ મિશ્રણ મસ વધારે ઉષ્ણ છે; અર્થાત્ **ગરમી ઉત્પન્ન** થઈછે. એ મિશ્રણ શીતળ થયા કેડે માપાના આંકાપર જોશો તો **દશથી** સ્પષ્ટ નીચે ઉતરેલું જણાશે, અથવા **નવ ત્રણ ચતુર્થાંશ**પર દેખાશે. બે પ્રવાહીના કદોના સર્વાળાથી મિશ્રણનું કદ ઓછું છે તે-

પરથી એમ નીકળે છે કે પાણીના ઘટત્વ અને મઘાર્કના ઘટત્વને મધ્યભાગે એ મિશ્રણનું **ઘટત્વ** ન હોતાં તેથી **વધારે** છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો એમ કે પ્રત્યેક પ્રવાહી નોખો હતો તેવારે તેઓના અણુઓ જેટલી જગા રોકતા હતા તેટલી મિશ્રણમાં રોકતા નથી, દબાણથી જેમ દશ ભાગો નવ ત્રણ ચતુર્થાંશપર (એટલે પોણા દશપર) આવે તેવું મિશ્રણ કરવાથી થયું; મિશ્રણમાંથી ગરમી કાઢી નાંખવાથી સંકોચ થાય તેવું સંકોચન થયું. વસ્તુતઃ આપણે જોયું તેમ મિશ્રણમાંથી ઉષ્ણતા નીકળી.

એ બંને પ્રવાહીઓથી તેઓના મિશ્રણમાં એક બીજો ભેદ છે. તે **પાણી** કરતાં **ઓછે**, અને **મઘાર્કથી વધારે** ઉષ્ણતામાને **ઉકળે** છે અને બરફ થાયછે. એકલો (સ્વચ્છ કે અમિશ્ર) મઘાર્કનો બરફ થાય એટલો અદ્યાપિ ઠર્યો જ નથી. જેમ ભીની રેતીમાં પાણી પ્રસરેલું હોયછે તેમ માત્ર મઘાર્કના અણુઓ પાણીના અણુઓમાં પ્રસરેલા હોય તો જેટલી ઉષ્ણતાએ મઘાર્ક ઉકળે છે તેટલીએ તેઓએ વાયુરૂપ ધારણ કરવું જોઈએ; અને એમ હોય તો પાણીમાં ભળેલો મઘાર્ક ગાળી કાઢવો સહેલો પડે. પણ તેમ થતું નથી. મઘાર્ક અને પાણીના મિશ્રણને તપાવે તે વેળા બધા પાણીને જોરથી પકડી રાખવાને કળીચૂનો કે તે કામ કરે તેવી બીજી કોઈ વસ્તુ તેમાં નાંખવામાં ન આવે તો પાણીથી છૂટો પડેલો મઘાર્ક ખેંચી શકાય નહિ.

એમ પાણી અને મઘાર્કને એકઠા કરવાથી જે પ્રવાહી બનેછે તે માત્ર એવું મિશ્રણ નથી કે તેના ગુણો, એ બે પ્રવાહીના ગુણો જાણવામાં હોવાથી, જાણવામાં આવી ચૂકયા કહેવાય; પાણીના કણોએ અને મઘાર્કના કણોએ કેટલેક દરજ્જે એક એકપર અસર કરેલી અને પ્રત્યેકના પ્રથમના ગુણો બદલાયલા એવો નવો પદાર્થ બનેછે.

પાણીનો સ્પર્શ કેટલાક ઘનપદાર્થો સાથે થાયછે ત્યારે જુદા જુદા પદાર્થોની આમ એક એકપર અસર થાયછે તે વધારે સ્પષ્ટ દેખાયછે.

૯૩. घन ओगळेलुं मिश्रण; पाणी मीठाने ओगाळेछे.

ટાઢા પાણીના પ્યાલામાં ચમચો ભરીને મીઠું નાંખી પાણીને હલા-

વીએ તો મીઠું ઉતાવળે અદૃશ્ય થાયછે; અને કાંઈક વખત પછી મીઠું નાંખ્યા પહેલાં પાણી હતું તેવું દેખાયછે, આપણી આંખને તો તેમાં કાંઈ જણાતું નથી. પણ પાણીને પ્રથમ જોખેલું તેવારે જો તે પાંચ તોલા હતું અને મીઠું બે તોલા હતું તો હવે એ પ્યાલામાંનું પાણી સાત તોલા થશે; હવે પાણી ખારૂં લાગશે. મીઠું તેમાં **ઓગળી** ગયું કહેવાય છે, અને એ **મિશ્રણ ખારૂં પાણી** કહેવાય છે. વળી એ મિશ્રણ **ભરપૂર** થયલું કહેવાય છે, કેમકે જો તમે તેમાં વધારે મીઠું નાંખશો તો તે વિકાર પામશે નહિ (ઓગળશે નહિ). અર્થાત પાણી પોતાના વજનનું બે પંચમાંશ મીઠું ઓગાળશે, અને તેથી વધારે નહિ ઓગળે. એમ બનેલા ખારા પાણીને મોટા થાળામાં રેડી સૂકાઈ જવા દેઇએ (વરાળ થઈ ઊડી જવા દઈએ), અથવા ઉકાળી પાણીને બળી જવા દઈએ, તો જેમ પાણી ઓછું થશે તેમ મીઠાનો કેટલોક ભાગ, બાફ થઇ ઊડી ગયેલા પાણીનો બે પંચમાંશ, પાછો ઘનરૂપમાં આવી વાસણને તળીએ ઠરશે, અને જ્યારે બધું પાણી જતું રહેશે ત્યારે પાણીમાં ઓગળ્યા પહેલાં મીઠાનું જેટલું વજન હતું તેટલું થશે, તથા જે બીજા ગુણો તેમાં હતા તેઓ તેમાં હોવાના.

પાણી જોડે સંયોગ થવાથી મીઠા ઉપર એમ વિચિત્ર કાર્ય થશે. તેથી તેનો એક ગુણ જે **ઘનરૂપ** છે તે, બદલાયો, તથાપિ તેના બીજા સર્વ ગુણોમાં કાંઇ વિકાર થયો નહિ. આપણે જોયું હતું કે ભૂકો કરેલું બરફ, બરફ જેવા શીતળ પાણીમાં ભળતું નથી, પણ બરફની કરચો ઘન રહેછે. પરંતુ ઉષ્ણતામાન વધતાં વારને અણુઓના **સંલગ્નનો** એટલે એકઠા વળગી રહેવાપણાનો અંત આવેછે. એક એકને વળગી રહેવું એ ઘનરૂપનું વિશેષ લક્ષણ છે. ગરમીથી અણુઓ વછૂટા પડેછે અને ગતિ કરવાને છૂટ પામેછે, અને તેઓ આસપાસના પાણીની જોડે ભળી જાયછે. અથવા આપણે એમ કહીએ કે ઘનરૂપમાં અણુઓ જે બંધનવડે ભેગા રહ્યા હતા તે બંધન ઓગળી જાયછે અને તેથી ઘન પાણી પ્રવાહી થાયછે.

આ ક્રિયા અને પાણીમાં મીઠાનું ઓગળવું એ બેમાં મળતાપણું

એટલું બધું છે કે, સાધારણ બોલવામાં એમ વારે વારે કહેવાયછે કે મીઠાનો કે ખાંડનો ગાંગડો પાણીમાં **પીગળી** જાયછે; પણ તમે મીઠાને તાપવડે પ્રવાહી કરવાનો પ્રયત્ન કરશો તો તેને બહુ તાપ લગાડવો પડશે, માટે મીઠાને ઘનરૂપમાંથી ટાઢા પાણીમાં ઓગળી પ્રવાહીરૂપમાં આણવું એ ક્રિયા તેને તાપવડે પીગાળવાથી સ્પષ્ટ જુદી દીસેછે. પરંતુ મીઠાની અવસ્થાના સંબંધમાં પરિણામ સરખું છે. તેના અણુઓના સંલગ્નનો નાશ થાયછે, અને જેમ વરાળના અણુઓ વાયુના અણુઓમાં વહેંચાઈ જાયછે તેમ તેઓ (મીઠાના અણુઓ) પાણીના અણુઓમાં બધે સરખા વહેંચાઈ જાયછે, અને તમે રસાયનશાસ્ત્ર શીખશો ત્યારે બધા ખારા પાણીમાં જે પ્રમાણમાં મીઠું છે તેજ પ્રમાણમાં તેના નાનામાં નાના ટીપામાં તે છે એ શી રીતે સાબીત કરવું તે તમારા જાણવામાં આવશે.

ખારા પાણીને આસ્તે આસ્તે સૂકાઈ (વરાળ થઈ) જવા દેશો તો પાણી જેમ ઉડી જાયછે તેમ મીઠાના અણુઓ પોતાની મેળે ગોઠવાઈ સુંદર નિયમિત ઘનાકાર (ઊંચાઈ કે ઊંડાઈ, લંબાઇ અને પહોળાઇનું માપ સરખું છે એવો આકાર) રવા બનેછે. સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રવડે ખારા પાણીના ટીપાને ધીમે ધીમે સૂકાતું નિહાળશો તો એ રવા બંધાતા સહેલથી જોશો. મીઠાના દાણામાં મીઠાવિના બીજું કાંઈ હોતું નથી, લાલ થતાંસુધી તપાવેથી તેઓ પ્રવાહી બનેછે; અને તેથીએ વધારે તાપ દેઈએ તો પ્રવાહી મીઠાની વરાળ થાયછે (ઝ્યાસ થાયછે) અને તે રૂપે હવામાં ઉડી જાયછે.

એમ આપણે જોઇએ છીએ કે મીઠાનો પાણીજોડે સંયોગ થવાથી મીઠામાં કેટલોક ફેરફાર થાયછે, અને પાણીમાં પણ કાંઇ વિકાર થાયછે. ખારૂં પાણી ૨૧૨ ઉકળતું નથી; તેને ઉકળવાને વધારે તાપની જરૂર છે. જેમ પાછલા ઉદાહરણમાં મધાકને પાણીએ ઝાલી રાખ્યો હતો તેમ મીઠું જાણે પાણીને પકડી રાખી સ્વચ્છ હતું તેવારે જે અવસ્થાઓમાં તે વાયુરૂપ લેતું હતું તેજ અવસ્થામાં તેમ કરતાં અટકાવે છે; અથવા આપણે એમ કહીએ કે ઉષ્ણતાનું જે બળ પ્રવાહી પાણીની વરાળ કરી તેના અણુઓ છૂટા પાડેછે તેને

પાણી સાથે મીઠું ઓગળેલું હોયછે ત્યારે વધારે પ્રતિરોધને જીતવો પડેછે. જેમ મધાક ભળેલું પાણી ઓછા ઉષ્ણતામાને બરફ થાયછે તેમ મીઠું ભળેલું પાણી પણ ઓછા ઉષ્ણતામાને બરફ થાયછે. સમુદ્ર-જળ ૨૭° થીજવા માંડેછે. સમાઇ શકે તેથી દરિયાના પાણીમાં ઓછું મીઠું હોયછે, અને તેનું બરફ બનેછે તેમાંથી મીઠું છૂટું પડેછે અને બાકીનું સમુદ્ર જળ વધારે ખારૂં થાયછે, એટલે સમુદ્ર જળનું બરફ ખારૂં ન હોતાં, મીઠા પાણીના બરફ જેવું હોયછે.

જે બળનું વળણ પદાર્થોને છૂટા પાડવાનું છે તેની સામે થનાર બળ તે આકર્ષણ એવો આકર્ષણનો અર્થ કરીએ તો એમ કહી શકાય કે મીઠાના અણુઓ અને પાણીના અણુઓ એક એકને આકર્ષણ કરેછે. અને જુદી જાતોના પદાર્થોની વચ્ચે થતા એવા આકર્ષણને **રસાયની આકર્ષણ** કહેછે.

૫૪. कळीचूनो अने पाणी; पारिसनो सल्लो अने पाणी; संयोग.

ચાક કે મરડિયા (મહુડા) એટલે ચૂણપાપાણને લાલ થાય એટલા તપાવવાથી કળીચૂનો બનેછે. તે સ્વચ્છ હોયછે ત્યારે ધોળો કઠણ ઘન છે, અને તેને પ્રવાહી અને વાયુરૂપામાં આણવાને બહુજ ઊંચા ઉષ્ણતામાનોની જરૂર પડેછે. વાસણમાં તાજો (નહિ ફોડેલો) કળીચૂનાનો ગાંગડો મૂકી તે ઉપર તેના વજનનું આશરે એક તૃતીઆંશ જેટલું પાણી રેડવાથી તેમાં ફડફડાટ થઇ રહેશે, તેમાંથી ગરમી નીકળશે, પાણી અદૃશ્ય થઈ જશે અને ચૂનો ફાટી નરમ ધોળી ફાક થઇ જશે. આમ કરવાને ચૂનો **છાંટવો** કહેછે. ઉપર કહ્યું તે પ્રમાણથી વધારે પાણી રેડવામાં નહિ આવે તો સ્વચ્છ ધોળી ફાક થઇ તે ઘન અને સૂકી હોવાની, અને પાણી, દેખાવમાં, જતું રહેલું જણાશે.

મીઠાના દ્રવમાં આપણે જોયું કે પાણીની અસરથી ઘનપદાર્થ પ્રવાહી બન્યો; ચૂનો છાંટવામાં ઘનવસ્તુની રચનામાં પાણી પેસેછે. વધારે પાણી ઉમેરવાથી ઘન ઓગળી જાયછે કે પ્રવાહી થાયછે, અને

ચૂર્ણજળ નામે દ્રવ બનેછે. જેમ મીઠાના દ્રવમાંથી (ખારાપાણીમાંથી) મીઠું પાછું કાઢી શકાયું તેમ સંભાળીથી આ દ્રવમાંના પાણીને વરાળરૂપે ઊડાવી દેવાથી પાસાદાર રવાના આકારમાં ચૂનો કાઢી શકાય. પણ તે બેમાં ભેદ એ છે કે મીઠાના પાસાદાર રવામાં પાણી નથી હોતું, અને ચૂનાના પાસાદાર રવામાં પાણી હોયછે એટલુંજ નહિ, પણ છાંટેલા ચૂનામાં જે પ્રમાણમાં હોયછે તેજ પ્રમાણ તેઓમાં હોયછે, અર્થાત્ ૫૬ ભાગ ચૂને ૧૮ ભાગ પાણી હોયછે.

ચૂનાના નવા બનેલા ઘનમાં એમ દાખલ થયેલું પાણી તેને એટલી દૃઢતાથી વળગી રહેછે કે તેને છૂટું પાડવાને તે રવાને રાતો થતાં લગી તપાવવો પડેછે. એમાં ચૂનો અને પાણીનું **રસાયની મિશ્રણ** થયલું કહેવાયછે; અને છાંટેલા ચૂનામાં કે ચૂનાના પાસાદાર રવામાં ચૂનો અને પાણીનું પ્રમાણ સદા એકસરખું છે તેથી તેઓ **નિર્મિત પ્રમાણ**માં મિશ્ર થયલા કહેવાયછે; છાંટેલા ચૂનાનું **ચૂર્ણ હયડ્રેટ** (ચૂનાનું હૈડ્રેટ) એવું વિશેષ નામ રાખવામાં આવ્યું છે.

પારિસનો સલ્લો (પારિસનો સાગોળ) એ સૂકો ધોળો ભૂકો છે. તેમાં થોડું પાણી ભેળીએ તો કળીચૂનાની પેઠે છંટાતો નથી, પણ તે મિશ્રણ ઉતાવળે બંધાઈ જઈ કઠણ થાયછે; અને તેજ વખતે પાણીનો વધારે મોટો ભાગ લોપ થઈ જાયછે. વસ્તુતઃ તે પારિસના સાગોળ સાથે ભળીજઈ બીજા હયડ્રેટનો ભાગ બનેછે. વધારાનું પાણી સૂકાઈ જાયછે ત્યારે એ હયડ્રેટમાં પાણીની કશી એંધાણી જોવામાં આવતી નથી. આ ગુણનેલીધે પારિસના સલ્લાનો ઉપયોગ બીબા કે ખોખાપરથી ઘાટ બનાવવામાં થાયછે. જે ઘાટ બનાવવો હોય તેના બીબા ઉપર અને આસપાસ પ્રવાહી સલ્લો રેડવામાં આવેછે; પ્રવાહી હોવાથી ખોખાના પૃષ્ઠપર જે જે અસમાનતા હોય તેને બીન અડચણે તે પૂરી દેછે; અને પછી તે ઠરેછે ત્યારે તેનો આકાર પડી રહેછે. ઠરેલો કે બંધાઈ ગયેલો પારિસનો સાગોળ સંપૂર્ણ સૂકો હોય, તથાપિ તેના વજનના $\frac{1}{5}$ અને $\frac{1}{7}$ ની વચ્ચેના ભારજેટલું પાણી તેમાં હોયછે, તથા તે ઘન હયડ્રેટના અંગનો કે બનાવટ-

નો ભાગ છે. જો તે બંધાઈ ગયેલા સાગોળને ભારે તાપ દેવામાં આવે તો તેમાં ભળેલું પાણી નીકળી જઈ સાગોળનો મૂળમાં હતો તેવો ભૂકો થઈ જાયછે.

ચીરોડી* (જિપ્સમ) સુંદર પારદર્શક પાસાદાર રવા બંધાયલા રૂપમાં પૃથ્વીપર મસ જડેછે, અને તેને ભૂસ્તર વિદ્યામાં **સેલેનૈટ** કહેછે. ઉપર કહેલા ઠરેલા સાગોળના જેવીજ તે રવાઓની બનાવટ છે, અર્થાત્ તેઓ હયડ્રેટ છે. એનું પાતળું પાનું વધારેમાં વધારે શક્તિવાળા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રમાંથી સંપૂર્ણ સજાતીય જણાયછે. તથાપિ અનુમાન કરવાનેસારૂ કારણ છે કે તે પાણીના અણુઓ અને ચીરોડીના અણુઓનું બનેલું છે અને તેઓ એક એકને એવા મક્કમ બાઝી રહ્યાછે કે તેઓનો કઠણ બરડ કાચ જેવો ઘનપદાર્થ બન્યો છે. વળી હયડ્રેટના અણુઓ કોઈ ગમ એક એકને વધારે જોરથી, અને કોઈ ગમ ઓછા જોરથી વળગી રહ્યાછે. પાસાદાર રવા લંબાઈમાં બહુ સહેલથી ચીરાય છે; પણ તેઓને આડા કાપવામાં ઘણું વધારે જોર લગાડવું પડેછે, અને તેમ છતાંએ તેઓના ચીરા ન પડતાં તેઓ ભાંગી જાયછે.

પાણીમાં ઓગળે અને પાણી સૂકાયાથી પાસાદાર રવારૂપે જુદા પડે એવા પદાર્થોમાં ગ્લૌબર ખાર અને એપ્સમ ખાર છે; અને ચૂનો અને ચીરોડીની પેઠે પાસાદાર મિશ્ર બનવામાં પાણીના નિમિત પ્રમાણમાં પાણીજોડે ભળેછે. વસ્તુતઃ આ પ્રત્યેક કાચવત્ બરડ ઘન વસ્તુમાં તેના વજનના અર્દ્ધ ભાગથી વધારે પાણી છે.

એમ આપણે જોઈએ છીએ કે પદાર્થો (જેમાંનો એક પાણી છે) નો સંયોગ થઇ તેમાંના પ્રત્યેકથી ભિન્ન એવો પદાર્થ બની શકે. એમ આપણે રસાયનવિદ્યાપર આવ્યા. પદાર્થોનો સંયોગ શી રીતે થાયછે, તેઓના સંયોગ થવાથી શું બનેછે, અને મિશ્રણમાં પૃથક્કરણ શી રીતે થઇ શકે એ સર્વ એ વિદ્યાથી આપણા જાણવામાં આવેછે.

* આ શબ્દવિષે તજવીજ કરવી. જિપ્સમ આ દેશમાં છે, અને તેનું ગુજરાતી નામ છે. કોલેજનો ભૂસ્તરસંગ્રહ જોવો.

५५. खनिज पदार्थो निर्मित आकारो (रूपो) धारण करी शकेछे, अने तेओमां सजातीयपदार्थो मळवाथी कदमां वधी शकेछे.

પાણી અને બીજા સઘળા કુદરતીપદાર્થો અહીં લગી કહેવામાં આવ્યા છે તેઓ ખનિજ કહેવાયછે. સાધારણ બોલીમાં તો જેઓ ખાણોમાંથી નીકળે છે તેઓને માત્ર ખનિજ કહેછે, પણ વિદ્યામાં તેનો અર્થ વધારે બહોળો છે. અમુક અવસ્થામાં પાણી અને બીજી ઘણીક ખનિજવસ્તુઓ નિયમિતરૂપો ધારણ કરેછે એવું કહેવાના ઘણા પ્રસંગો આવી ગયાછે. યૂરોપમાં શિયાળામાં બારીના કાચોપર વૃક્ષોનાં પાંદડાંના અને ફૂલોના સુંદર આકારો બરફથી બનેછે. તેમજ આપણે જોયું કે પાણી ઓગળ્યા પછી સાધારણ મીઠું, ચૂનો, ચીરોડી (જિપ્સમ), ગ્લોબર ખાર અને એપ્સમ ખાર અથવા તેઓનાં જળમિશ્રણો તેઓના દ્રાવણમાંથી છૂટાં પડતાં પાસાદાર રૂપ ધારણ કરેછે. ગ્લોબરખારના કે સુરાખારના દ્રાવણના ટીપાને સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રનીચે સૂકાવા દેતાં આશ્ચર્યકારક દેખાવ નજરે પડશે. ઘન અવસ્થામાં ખાર આવેછે કે એકાએક સોય અને પત્રારૂપે સુંદર આકારોમાં ગોઠવાયલા માલૂમ પડેછે. તેઓ ઉપર કહેલા બરફના આકારોથી જુદા હોયછે, પણ ખૂબસુરતીમાં તેઓથી હ્ઠે નહિ એવા હોયછે. **સ્ફાટિકરૂપ કે પાસારૂપ ઘનીકરણવિદ્યા** તમે શીખશો ત્યારે તમારા જાણવામાં આવશે કે વસ્તુતઃ દરેક પાસારૂપે ઘનીકરણ થનાર વસ્તુને પોતપોતાનાં રૂપો હોયછે, અને તેઓ કેટલાક બરોબર ભૂમિતિકસંબંધક આકારના હોયછે.

એમાંની હરકોઈ ચીજને અનુકૂળ સ્થિતિમાં રાખવાથી તેના પાસાદાર ગાંગડા કદમાં **વધેછે.** દૃષ્ટાંત—ભરપૂર મીઠાવાળા દ્રાવણને હવામાં એવી રીતે રાખવું કે તેમાંનું પાણી હળવે હળવે સૂકાઈ જાય. એવી અવસ્થામાં તેમાં મીઠાનો ગાંગડો દોરીવતી લટકતો રાખવો. પાણી સૂકાશે તેમ તેણે પાછળ રહેવા દીધેલા મીઠાના અણુઓ ઓગળેલી હાલતમાં ન રહી શકવાથી એ ગાંગડાની બાજૂએ ઉપર નિ-

યમિત ક્રમે ઠરશે, અને તેનો આકાર ન બદલાતાં તેના કદમાં વધારો કરશે. એ રીતે નાનો પાસાદાર દાણો કદમાં મોટો થઈ શકે છે. ખાંડની ઘાડી ચાસણીમાં કે ભરપૂર ખાંડવાળા દ્રાવણમાં સાકરના ગાંગડા બંધાય છે તેઓમાં ખાંડ અને પાણી હોયછે. સાકરના ગાંગડાને ઉપર પ્રમાણે ઠરી જતી એટલે સૂકાતી ચાસણીમાં દોરાવતે લટકાવવાથી તે મોટો થશે. આ રીતે વધવામાં તમે જોશો કે વધનાર વસ્તુની બહારની બાજૂએ ઉમેરો થવાથી તેનું કદ મોટું થાયછે; અને તે ઉપરાંત વળી જે દ્રવ્યનો તેમાં ઉમેરો થાયછે, મીઠું કે ખાંડ, તે મીઠું ખારા દ્રાવણમાં અને ખાંડ ચાસણીમાં છે.

ब. सजीव वस्तुओ.

५६. घउंनो छोड, अने तेनां साधकद्रव्यो.

ઘઉંનું ખેતર હરકોઈએ જોયું હશે. ખેતરની જમીનમાં **ઘઉંના** પુષ્કળ **છોડો** ઊગેલા હોયછે તેમાંનો એક કાપણીની મોસમમાં ઉખેડી લેઇ જોશો તો જણાશે કે તેને એક થડ છે, તેનો નીચલો છેડો ભોંયમાં હતો તે તેનું મૂળ છે, ઉપલે છેડે ડુંડું છે અને બાજૂઓએ **પાંદડીઓ** છે. એ ડુંડામાં ઘઉંના ઘણા દાણા છે તેઓ એ છોડનાં **બીયાં** છે. તમે જાણોછો કે એ દાણાને વીંટલાયલાં **છોડાં** કાઢી નાંખી તેઓને ઘંટીમાં દળી ઝીણો ભૂકો કરવામાં આવેછે અને જે **લોટ**ની રોટલી થાયછે તે એ ભૂકો છે. એમાંનો એક મૂઠી લોટ લઇ તેમાં થોડું ટાઢું પાણી ભેળી તેને જાડા કપડામાં બાંધી પોટલી બનાવી અને તે પોટલી પાણી ભરેલા મોટા વાસણમાં મૂકી હાથવડે તેને ખૂબ મસળીએ તો તે લાહી જેવો થશે અને પાણી ધોળું થશે. એ ધોળું થયેલું પાણી ઢોળી દેઇ તે વાસણમાં બીજું પાણી રેડી તે પોટલીને ફરીને મસળવાથી તે પાણી પણ ધોળું થશે. વળી ધોળું પાણી કાઢી નાંખી બીજું પાણી રેડી પોટલીને હાથવતે ગુંદવાથી પાણી ધોળું થશે. એમ ફરી ફરીને કરવાથી કણેક વધારે વધારે ચીકણી થતી જશે તથા પાણીમાં ધોળાશ ઓછી આવતી જશે અને છેલ્લે જરાએ નહિ આવતાં અવર્ણ રહેશે. એમ

કરેથી પોટલીમાં જે ચીકણી વસ્તુ રહી તે **ગ્લુટેન** કહેવાય છે, વેપારમાં એ જણસ **માક્કારોની** કહેવાય છે.

જે પાણીમાં એમ લોટને ધોયો તેને થોડા કલાક સૂધી ઠરવા દેવાથી વાસણને તળીએ ધોળો પદાર્થ ઠરશે અને તેની ઉપરનું પાણી નીતર્યું થશે. એ નીતર્યા પાણીને કાઢી લઇ નીચે ઠરેલી વસ્તુ જોવી. એને **સ્ટાર્ચ** કહેછે. એ સૂક્ષ્મ દાણાની બનેલી છે. સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રવડે નિહાળતાં એમાંના દરેક દાણાની રચના મધ્યમાંથી નીકળતાં પડોવાળી છે. જે પ્રવાહીમાંથી સ્ટાર્ચ નીચે ઠર્યો હતો તેને હવે ઉકાળશો તો તે ડોહળાયલું થશે. ઈંડામાંની સફેદીને પાણીમાં ભેળી ઉકાળવાથી તે જેવી દેખાયછે તેવું એ દેખાશે અને છેલ્લે ધોળા લોંદા જેવી વસ્તુ વાસણને તળીએ એકઠી થશે. એ વસ્તુને **ઉદ્ભિજ આલ્બ્યુમિન** કહેછે.

આલ્બુમિન, ગ્લુટેન, અને સ્ટાર્ચ ઉપરાંત બીજી ચીજો ઘઉંના દાણામાં છે, પરંતુ પૃથક્કરણ કરવાની આ સ્થૂળ રીતથી તેઓ જાણવામાં આવતી નથી. ઉદાહરણ, તેમાં કાષ્ઠદ્રવ્ય (જેને ઇંગ્રેજીમાં **સેલ્યુલોસ** કહેછે તે) તથા કેટલીક **ખાંડ** અને **ચરબી** છે. ઉપર કહ્યો તેવો પ્રયોગ ઘઉંના છોડનાં થડ, પાંદડાં અને મૂળીઆં ઉપર કર્યાથી આલ્બ્યુમિન, સ્ટાર્ચ, શર્કરા અને ચરબી એ વસ્તુઓ જેવી ચીજો તેઓમાંથી કાઢી શકાય, પરંતુ કાષ્ઠદ્રવ્ય પ્રમાણમાં ઘણું વધારે મળશે. **પરાળ** એ ઘઉંના છોડનાં વસ્તુતઃ થડ અને પાંદડાં છે અને તેઓ લગભગ એકલા કાષ્ઠદ્રવ્યનાં બનેલાં છે. તોપણ એ ઉપરાંત પરાળમાં ખનિજ વસ્તુઓ અમુક પ્રમાણમાં છે, અને તેઓમાંની એક સ્વચ્છ ચકમક છે; જો કદી પરાળની બળેલી ગંજી તમારા જોવામાં આવે તો તેની રાખમાં તમે કાચ જેવી અવસ્થામાં થોડો ઘણો ચકમક દેખશો. ઘઉંનો છોડ લીલો હોયછે ત્યારે તેમાં એ સઘળા પદાર્થો મસ પાણીજોડે મળેલા, કે પીગળેલા, કે તેમાં અધર રહેલા હોયછે. બીજી વસ્તુઓથી પ્રમાણમાં પાણી ઘણું વધારે હોયછે. બીજ (ઘઉં) કરતાં થડ અને પાંદડાંમાં પાણીનું પ્રમાણ વધારે હોયછે.

૯૭. साधारण मरघी (कूकडी) अने तेना शरीर-साधको.

હરકોઈએ સાધારણ મરઘડી જોઈ હશે. તે ચપળ પ્રાણી છે, અહિં તહિં દોડતી ફરેછે અને કોઇવાર ઊડેછે. તેનું તન પીછાંથી ઢંકાયલું હોયછે. તેને બે પાંખો અને બે પગ છે, અને તેના અંગને એક છેડે ડોકી છે અને ડોકીને અંતે ચાંચવાળું માથું છે. ચાંચના બે ભાગની મધ્યે તેનું મોઢું છે. કૂકડી ઈંડા મૂકેછે તેઓની આસપાસ કઠણ પડ કે કોટલું હોયછે. ઈંડાને ભાંગેથી તેમાંથી પ્રવાહી વહેશે તે બે પ્રકારનો હોયછે, ધોળો અને પીળો. ધોળા પ્રવાહીને ઊનો કરવાથી તે ઘાડો બની સફેદ ઘન વસ્તુ બનેછે. એ ઉદ્‌ભિજ આલ્બુમિનને ઘણો મળતો છે, અને તેને **પ્રાણી આલ્બુમિન** કહેછે.

ઈંડામાંના પીળા ભાગને એટલે દાળને પાણીમાં કાલવીએ તો તે-માંથી સ્ટાર્ચ કે કાષ્ઠદ્રવ્ય નીકળશે નહિ, પણ તેમાં ચરબીવાળું અને ગળપણવાળું દ્રવ્ય પુષ્કળ છે, અને તે ઉપરાંત આલ્બુમિન અને ગ્લુટે-નને મળતા ઓછા વધતા પદાર્થો છે.

મરઘડાનાં પીછાં શિંગડાના જેવા પદાર્થનાં બનેલાં છે, તેઓને ઉ-ખેડી લેઈ અંગને ઘણા વખત લગી ઉકાળવાથી પાણીમાં **સરસ** માલૂમ પડશે, અને પાણી ટાઢું પડશે તેમ તે ઠરી જઈ ઘાડો થઈ જશે; શરીર વિખરાઈ જઇ હાડકાં અને માંસ જુદાં પડી જશે. જે પદાર્થને ઉકાળવાથી સરસ નીકળે છે તેનાં ઘણું કરીને હાડકાં બનેલાં છે. અને ઘઉંના છોડનું થડ જેમ ચકમકવાળું છે તેમ એ પદાર્થમાં ચૂનાના ખારેનો મોટો જથો છે. તેના માંસમાં આલ્બુમિન અને આલ્બુમિનને ઘણા મળતા આવે એવા **ફિબ્રિન** અને **સિન્ટો-નિન** નામે બીજા પદાર્થો છે.

એ પક્ષી જીવતું હોયછે તેવારે એ બધા પદાર્થો મસ પાણી જોડે સંયુક્ત થયેલા હોયછે, કે તેમાં ઓગળેલા હોયછે, કે અધર રહેલા હોયછે; અને યાદ રાખવું કે મરઘડાના શરીરમાં તથા ઈંડામાં બીજી

કેટલીક સાધક (ઘટક) વસ્તુઓ છે, પણ તેઓ હાલના પ્રસંગને અગત્યની ન હોવાથી તેઓનાં નામ દીધાં નથી.

૯૮. अंगना केटलाक घटकावयवो (साधको) घउंना छोडमां अने मरघामां छे तेओ एक एकने बहु समान छे.

ઘઉંના છોડમાં શિંગડા જેવો પદાર્થ નથી અને સરેસ નથી, અને મરઘડામાં સ્ટાર્ચ તથા કાષ્ટદ્રવ્ય નથી; પરંતુ એ છોડનું આલ્બુમિન એ પ્રાણીના આલ્બુમિનને ઘણુંજ મળતું છે, તથા પ્રાણીના ફિબ્રિન અને સિન્ટોનિન પદાર્થો આલ્બુમિન અને ગ્લુટેનના પાસેના સંબંધી છે.

જ્યારે એ પદાર્થોમાંના હરકોઈને મસ તપાવવામાં આવેછે, કે તેઓને કોહવા દઇએ છીએ ત્યારે તેમાંથી એકજ પ્રકારનો અણગમતો વાસ નીકળે છે તેપરથી દેખાઈતું છે કે તેઓ વચ્ચે નજીકનું મળતાપણું છે; સંભાળથી કરેલા રસાયન પૃથક્કરણે દર્શાવ્યું છે કે તેઓ સર્વે વસ્તુતઃ કાર્બોન, હૈડ્રોજન, આક્સિજન, અને નૈટ્રોજન નામે મૂળતત્ત્વોના બનેલા છે, અને તે તત્ત્વોનાં મિશ્રણપ્રમાણો બહુ પાસે પાસે એકસરખાં છે. હવા (વાયુ) વિનાના વાસણમાં એક મૂઠી ઘઉંને કે મરઘડાના માંસના કકડાને મસ તપાવ્યાથી તેના **કોયલા** થશે અને કોયલા એ અસ્વચ્છ કાર્બોન છે. વાસણમાં વાયુ હોય તો એ ચીજો સઘળી બળી જાય, માટે વાયુ વગરના ઢાંકેલા વાસણમાં એ પ્રયોગ કરવો. આ **વિનાશકારી શોધનક્રિયા** કહેવાયછે તે કરવાને *ભઠ્ઠી* (દારૂ ગાળવાનું વાસણ) હોય તો તેની નીપજો ધાડી અને એકઠી થઇ શકે અને તેઓને ગ્રહણ કરનાર પાત્રમાં કોઇ રૂપે પાણી અને આમોનિઆ માલૂમ પડશે. હવે નૈટ્રોજન અને હૈડ્રોજન એ બે મૂળતત્ત્વોનો બનેલો મિશ્રપદાર્થ આમ્મોનિઆ છે; એમાટે (૫૦ મી કલમ) જે પદાર્થોમાંથી તે નીકળ્યો તેઓમાં નૈટ્રોજન અને હૈડ્રોજન એ બેહુ હોવાં જોઈએ.

વાસ્તે એ નક્કી છે કે ઘઉંના છોડનો અને મરઘડાના અંગનો મોટો

ભાગ ઘણો મળતો આવે એવા નૈટ્રોજનનાં મિશ્રણોનો બનેલો છે, અને તેઓ પ્રોટેઇડ કહેવાયછે.

૫૯. सृष्टिमां प्राणीओमांथी अने वनस्पतिमांथी मात्र प्रोटेइड वस्तुओ जडेछे; अने प्राणीओमां तथा वनस्पतिमां प्रोटेइडो होयज होय.

એ ઘણું લક્ષમાં રાખવા જેવું સત્ય છે કે આલ્બુમિન, ગ્લુટેન, ફિબ્રિન અને સિંટોનિન જેવી વસ્તુઓ માત્ર પ્રાણી અને વનસ્પતિનીજ નીપજ છે એટલુંજ નહિ, પણ પ્રત્યેક પ્રાણીમાં અને પ્રત્યેક વનસ્પતિમાં તેના ભવના આખા સમયમાં એઓમાંની એક કે વધારે હોયછે; ચૈતન્ય પદાર્થોમાં બીજી બાબતોમાં અનિશ્ચિત ભિન્નતા હોયછે, તથાપિ તે બધામાં કોઇ પ્રોટેઇડ વસ્તુ હોયજ હોય. ઉદાહરણ, કેટલીક વનસ્પતિમાં સ્ટાર્ચ કે કાષ્ઠદ્રવ્ય એમાંની એકે ચીજ નથી, અને ઉલટાં તેઓ કેટલાંક પ્રાણીમાં હોયછે; વળી ઘણાં પ્રાણીઓમાં શાંર્ગ (શિંગડું જેનું બને તે) દ્રવ તથા સરસ નીપજાવનાર દ્રવ્ય હોતાં નથી. માટે પ્રાણી અને વનસ્પતિ એ બંનેનું **અવશ્ય પાયાદ્રવ્ય પાણી** જોડે મળેલું **પ્રોટેઇડ** છે; પરંતુ સંભવિત છે કે સકળ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં એઓની જોડે વધારે કે ઓછી ચીકાશવાળી (ચરબી જેવી) તથા સ્ટાર્ચવાળી અને સાકર (ગળપણની) વસ્તુઓ અને થોડે ભાગે કેટલાક ખનિજો છે. એ ખનિજોમાં સર્વથી વધારે અગત્યના **ફૉસ્ફેરસ, લોઢું, ચૂનો** અને **પોટાશ** છે. સ્ટાર્ચવાળા અને શાકર પદાર્થોને ઇંગ્રેજીમાં आमिलोइड કહેછે.

એમ પાણી+પ્રોટેઈડો+ચરબી+આમિલોઇડો+ખનિજ વસ્તુઓનો બનેલો પદાર્થ તમામ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં છે; અને તેઓ (પ્રાણી અને વનસ્પતિ) જીવતાં હોયછે ત્યારે એ પદાર્થને प्रोटोप्लास्म કહેછે.

६०. जीवेछे ए शब्दनो अर्थ शो ?

ઘઉંનો છોડ ખેતરમાં હોયછે ત્યારે જીવતી વસ્તુ કહેવાયછે; કૂકડી

વાડામાં દોડે છે ત્યારે **જીવતી** વસ્તુ કહેવાયછે. એ છોડને ઉખેડી લેવામાં આવે અને કૂકડીનું માથું ભાંગી નાંખવામાં આવે તો તેઓ ઝટ મરીજાય અને **મોયલી** વસ્તુઓ બને. ખનિજ દ્રવ્યની બનાવટમાં જે તત્ત્વો હોયછે તેઓવડેજ ઘઉંનો છોડ અને મરઘડું બન્યાં છે એ આપણે હવણાં જોયું. જે મિશ્રણોમાં તેઓનો સંયોગ થયોછે તેઓ ખનિજ પદાર્થોમાં નથી એ ખરૂં, પરંતુ એ દ્રવ્ય ઘઉંના છોડનું કે મરઘડાનું રૂપ ધારણ કરેછે ત્યારે આપણે તેને **જીવતો પદાર્થ** શામાટે કહીએ છીએ?

६१. जीवतो छोड जे वस्तुओनो बन्यो छे तेओमां तेवी वस्तुओ उमेरावाथी ते कदमां वधेछे; तोपण ए वस्तुओ तेने बहारथी प्राप्त थती नथी, परंतु तेओ छोडना अंगनी अंदर वधारे सादां द्रव्योना बनेछे.

વાવેતર થયા પછી થોડા વખતમાં ઘઉંનું ખેતર નાના લીલા છોડોથી ભરાઇ જાયછે. ત્યારકેડે તેઓ વધારે વધારે ઊંચા થતા જાયછે, અને આરંભમાં તેઓનું કદ હતું તે કરતાં ઘણામાં ઘણું અંતે થાયછે; તેઓને મોર આવેછે, અને અંતે તેઓમાંથી કસણાં ફૂટેછે.

નિયમિત આકાર ધારણ કરવાની સાથે આ વધવાની ક્રિયા ચાલી એટલે તેટલેસૂધી તેને મીઠાની ગાંગડીના ખારા પાણીમાં વધવાની-જોડે સરખાવી શકાય; તથાપિ વધારે સમીપની પરીક્ષાથી માલૂમ પડેછે કે એ બેનું વધવું કેવળ જુદા પ્રકારનું છે. કેમકે મીઠાની ગાંગડી ખારા પાણીમાંના મીઠાને સંપાદન કરી વધી, અને તે વધારો તેની બહારને પાસે થયો, છોડમાં એથી ઉલટું થાયછે; તેની માંહેના ભાગમાં ઉમેરો થવાથી તે વધેછે; અને વળી એ છોડના અંગનાં સ્વાભાવિકમિશ્રણો—આલ્બુમિન, ગ્લુટેન, સ્ટાર્ચ કે કાષ્ઠદ્રવ્ય કે ચરબીનું કાંઈ ચિન્હ જમીનમાં, પાણીમાં, કે વાયુમાં નથી.

તોપણ છોડ પંડે કાંઈ સરજાવતો નથી (૫૦ મી કલમ) અને તેમાટે પ્રોટેઇડો, આમિલોઇડો, અને ચરબીઓનેમાટે તેને બીજા-

થી દ્રવ્યો મેળવવાં જોઇએ. છોડના અંગમાં તેઓનાં નવાં મિશ્રણો માત્ર બનેછે. છોડ ક્યાં મૂળદ્રવ્યો ઉપર પોતાની કૃતિ કરેછે તે સામાન્ય રાહે જાણવું રહેલું છે, કેમકે વાતાવરણમાંથી અને ભૂમિમાંથી જે દ્રવ્યો છોડને મળે છે તે ઉપરાંત બીજું કાંઈ તેને મળતું નથી. વાતાવરણમાં ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન, થોડોક કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસ, કિન્ચિત આમ્મોનિઆના ખારો તથા વિવિધ પ્રમાણમાં પાણી છે. જમીનમાં માટી, અને રેતી (ચકમક), ચૂનો, લોઢું, પોટાશ, ફૉસ્ફોરસ, ગન્ધક, આમ્મોનિઆના ખારો છે. એ સિવાય બીજાં દ્રવ્યો છે પણ તેઓ અગત્યનાં નથી. છોડમાં (વનસ્પતિમાં) જે જે તત્ત્વો આપણા જોવામાં આવેછે તેઓ જમીન અને વાતાવરણ એ બેમાં છે; પરંતુ છોડ તેઓને જુદાં પાડેછે અને ફરીને જોડેછે.

એ ઉપરાંત જે નવાં દ્રવ્ય ઉમેરાયાથી છોડ વધેછે તેઓ તેના બહારના પૃષ્ઠને વળગતાં નથી. પણ તેની અંદરના ભાગમાં બનેછે; અને નવા અણુઓ જૂનાની મધ્યે પ્રસરે છે.

૬૨. સજીવ છોડ (વનસ્પતિ) વધી રહ્યા પછી પોતામાંનો બીજરૂપે ભાગ છૂટો પાડેછે, અને તે ભાગમાં તેવો છોડ ઉગાવવાની શક્તિ છે.

ઘઉંનો દાણો ઘઉંના છોડના ફૂલ (મોર) નો ભાગ છે. એ દાણો પાકેછે ત્યારે સહેલથી છૂટો પાડી શકાયછે. એ દાણામાં છોડનું સૂક્ષ્મ મૂળાંગ છે; અને જ્યારે દાણાને વાવવામાં આવેછે ત્યારે તે આસ્તે આસ્તે ઊગેછે કે પૂર્ણ છોડનાં રૂપમાં થડ, મૂળીઆં, પાંદડાં અને ફૂલોસહિત, **ઉદ્ભેદ પામે** છે, અને તેમાં વળી તેવાં બીઆં થાયછે. એમ રૂપમાં, કદમાં, અને પછી પોતામાંના ભાગ છૂટા પડી તેઓનું પણ તેજપ્રમાણે થાય એવું નિયમપૂર્વક, પરંપરા પરિવર્તન કોઈ ખનિજ પદાર્થ પામતો નથી. ખનિજ પદાર્થોમાં એવો ઉદ્ભેદ જોવામાં આવતો નથી અને તેઓમાં બીયાં કે **અંકુર** થતાં નથી. તેઓ પોતાની જાતની પુનરુત્પત્તિ કરતા નથી.

६३. जे वस्तुओनुं पोतानुं अंग बन्युंछे ते वस्तुओ-मां तेओना सरखी वस्तुओ उमेरी प्राणीओ पोतानुं अंग वधारेछे; परंतु तेओने मुख्यत्वे बीजां प्राणीओ-मांथी के वनस्पतिमांथी प्रत्यक्ष मेळवेछे.

વાડામાં મરઘી નિરંતર અનાજનો દાણો કે માખી અથવા કોઈ જીવડું ચાંચમાં લેઈ ગળી જાયછે. વસ્તુતઃ તે ખાયછે, અને હરકોઈ જાણેછે કે તેને ખાવાનું ન મળે તો તે ઉતાવળે મરી જાય. એ પણ સર્વ કોઇના સાધારણ જ્ઞાનની વાત છે કે મરઘીને ખાવાને અનાજના ખેતરની માટી અને તેની જોડે પુષ્કળ હવા અને પાણી આપવાથી કૂકડીની ઝાઝી ગરજ સરે નહિ.

આ બાબતમાં મરઘી બીજાં સઘળાં પ્રાણીઓના જેવી છે; તેના શરીરનાં પ્રોટેઇડ દ્રવ્યો તે બનાવી શકતી નથી, તેઓ તૈયાર થયેલાં તેણે લેવાં જોઇએ, અથવા તેઓ એવી અવસ્થામાં હોવાં જોઈએ કે તેમાં થોડોજ ફેરફાર કરવો પડે. બીજાં પ્રાણીનાં કે વનસ્પતિનાં અંગો ખાવાથી તેવી સ્થિતિમાં તેઓ તેને મળેછે. જનાવરો કે ઉદ્ભિદ્પદાર્થો ખાયછે તે તેના જઠરમાં જાયછે; ત્યાં તેઓ પચેછે કે ઓગળી જાયછે; અને એમ થવાથી તેઓ મરઘીના પોતાના અંગના બધા ભાગોમાં વહેંચાઈ જવા તથા તેનું પોષણ કરવા અને તેને ઉછેરવા જોગ થાયછે.

६४. जीवतुं प्राणी मोटुं थयापछी इंडांरूपे पोतानी कायानो भाग छूटो पाडेछे, अने ते भागमां तेना सरखुं प्राणी थवानी शक्ति छे.

મરઘીનું ઈંડું તેની કાયામાં થાયછે; વસ્તુતઃ તે તેના શરીરનો ભાગ છે. તે કોટલામાં બંધ કરેલું હોઈ છૂટું પડેછે. તેમાં મરઘડાનું સૂક્ષ્મ મૂળાંગ છે; અને મરઘી તેના ઉપર બેસે તેથી અથવા બીજી કોઇ રીતે ત્રણ હમાલગી તેને જોઇતી હુંફમાં રાખવામાં આવેછે ત્યારે

તે મૂળાંગ ઈંડાંમાંની દાળ તથા સફેદીવડે ઉચ્છરી કે વધીને નાનું પક્ષી, નાનું કૂકડું, બનેછે; અને પછી તેને સેવેછે એટલે વધી મરઘું થાયછે. માટે પ્રાણી વનસ્પતિનીપેઠે અંકુરનો ઉદ્‌ભેદ થવાથી ઉત્પન્ન થાયછે; અને એ સંબંધમાં બધી વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ એક એકને સમાન છે અને ખનિજ પદાર્થથી ભિન્ન છે.

६५. सजीवपदार्थो खनिजपदार्थोथी आवश्यक रचनामां, मोटा थवानी रीतिमां, तथा अंकुर (बीज) वडे पुनरुद्भव थवामां भिन्न छे.

એમ ચૈતન્યદ્રવ્યમાં અને ખનિજદ્રવ્યમાં બહોળો ભેદ છે. ચૈતન્યદ્રવ્યનાં મૂળતત્ત્વો અને ખનિજદ્રવ્યનાં મૂળતત્ત્વો સમાન (અભિન્ન) છે; પ્રકૃતિ અને ગતિના મૂળ નિયમો ખનિજદ્રવ્યને જેટલા લાગુ પડેછે તેટલાજ સજીવદ્રવ્યને લાગુ પડેછે; પરંતુ સજીવ પદાર્થ જાણે સંયુક્ત યંત્ર કે સાંચો છે અને તે અમુક અવસ્થામાં માત્ર "ચાલેછે" કે જીવેછે. કૂકડીનાં ઈંડામાં અંકુર હોયછે તેને ઈંડામાંના અણુઓનું કૂકડાનું અંગ રચવામાં ઉષ્ણતામાનની અમુક સાંકડી મર્યાદામાં કેટલીક હુંફવિના બીજું કાંઈ જોઈતું નથી. અને પાણી હિમ (બરફ) ના ઉષ્ણમાન બિંદુ જેટલી શીતળતાને પામતાં વારને તેના અણુઓ નિયમિત પાસાદાર ગાંગડાના રૂપમાં જે ક્રિયાથી પોતાની મેળે રચાયછે તે જેટલી ગહન છે તેથી, બીજનીપેઠે ઈંડાની અંદર થતી ક્રિયા વધતી કે ઓછી ગહન નથી.

સજીવ પદાર્થોવિષેનું જ્ઞાન મેળવવાનો વધારે અભ્યાસ કરતાં जीवविद्यानी હદમાં પેશીએ છીએ. એ વિદ્યાના બે મોટા ભાગ છે, એક वनस्पतिशास्त्र અને બીજું प्राणीशास्त्र.

આ પ્રત્યેક ભાગમાં વિભાગો છે—ઉદાહરણ रूपविद्या (આકારવિદ્યા) સજીવ વસ્તુઓના એટલે વનસ્પતિનાં અને પ્રાણીઓનાં રૂપ કે આકાર, તેઓની રચના કે બનાવટ, તથા સજીવ વસ્તુઓનું વધવું એ વિષયોનું જ્ઞાન એથી મળેછે; इंद्रियविद्या—એમાં તેઓના વ્યાપાર કે કર્મો તથા બીજી બાબતોનો ખુલાસો છે.

३. अमूर्त्तविषयो.

६६. मानसिक दर्शनो.

સકળ ભૌતિક વસ્તુઓ નિર્જીવ હોયછે, અર્થાત્ ખનિજપદાર્થો હોયછે, અથવા સજીવ હોયછે. જે કોઇ પદાર્થ જગ્યા કે અવકાશ રોકેછે, પતિરોધ કરેછે, જેમાં ભાર છે, અને જે ગતિ સંક્રમક છે તે સૃષ્ટિના આ બે મોટા ભાગમાંના એકમાંનો હોયછે. ખગોળવિદ્યા, ખનિજવિદ્યા, પદાર્થવિજ્ઞાન, અને રસાયનશાસ્ત્ર એ પહેલા સંબંધી છે, અને જીવ વિદ્યા તેના બે વિભાગો—પ્રાણીવિદ્યા અને વનસ્પતિશાસ્ત્ર—સહિત બીજાનું નિરૂપણ કરેછે. પણ આ રૂપમાંના સૃષ્ટિના જ્ઞાનના વિષયો ઉપરાંત તેમાં બીજા નથી એમ નથી. આ **પહેલી ચોપડી**ની પહેલી કલમમાંજ વસ્તુતઃ **વસ્તુઓ** કે ભૌતિક પદાર્થો અને **ઇંદ્રિયબોધ** એ બેની વચ્ચેનો ભેદ જણાવવાનો પ્રસંગ મળ્યો હતો. વાસ (ઘન) જગ્યા રોકતી નથી અને તેને વજન નથી; અવાજનો કે ચળકાટનો એક શેર કે એક ઘનફુટ એવું બોલવું અનર્થક છે. આનન્દને રૂપક અલંકાર આપી અસ્થિર કહેછે પણ ગતિમાં હોનારી ચીજરૂપે તમે આનન્દને મનમાં આણી શકો નહિ.

જેઓને આપણે **મનોભાવ** (કે મનોવિકાર) કહીએ છીએ તેઓમાં પણ ભૌતિક દ્રવ્યનાં લક્ષણોમાંનું એકે નથી. ઉદાહરણ, પ્રીતિને અને દ્વેષને આકાર, ભાર કે ગતિવેગ છે એવો ખ્યાલ એક ક્ષણવાર પણ આપણે કરીએ નહિ. અને તર્ક કરવામાં આપણે વિચાર કરીએ છીએ ત્યારે આપણા **વિચારોને** પણ ભૌતિક વસ્તુઓના ગુણો નથી.

એમ ઇંદ્રિયબોધ, મનોવિકાર, અને વિચારોનો સૃષ્ટિનાં દર્શનોનો વિશેષ વર્ગ બનેછે તેઓને **માનસિક** કહેછે.

६७. मानसिक दर्शनोनो क्रम; मनोव्यापारविद्या.

ભૌતિક દ્રવ્ય દર્શનોમાં જેમ નિર્મિત ક્રમ છે તેમ માનસિક દર્શનોમાં પણ છે; અને જેમ એ પહેલામાં બનાવની શ્રેણીમાં દૈવયોગ

કે અકસ્માત કે ઉત્પન્ન કરનાર કારણ વિનાનો બનાવ નથી તેમ બીજામાં પણ નથી. વળી એ ઉપરાંત કેટલાંક ભૌતિકપદાર્થ દર્શનો અને કેટલાંક માનસિક દર્શનોની વચ્ચે કારણ અને કાર્યનો સંબંધ છે. ઉદાહરણ, આપણી ઇંદ્રિયો ઉપર અમુક ભૌતિકપદાર્થોની સત્તાથી અમુક ઇંદ્રિયબોધ હમેશ થાયછે. સોયના ગોદાથી દુઃખ થાયછે, રૂનો ગાળો નરમ લાગેછે, કળીચૂનો ધોળો દેખાયછે, ઈત્યાદિ. માનસિકદર્શનોનો અભ્યાસ, જે ક્રમમાં તેઓ એક એકની પછી થાયછે તેનું તથા તેઓની તથા ભૌતિકપદાર્થોના દર્શનોની વચ્ચે કારણ અને કાર્યના સંબંધનું જ્ઞાન, **મનોવ્યાપારવિદ્યાથી** થાયછે.

સૃષ્ટિનાં બધાં દર્શનો ભૌતિક, કે અમૂર્તિક, કે કાયિક, કે, માનસિક છે; આ કુદરતી વિષયોના વર્ગોમાંના એક કે વધારેનું તથા તેઓ વચ્ચેના સંબંધનું જેમાં જ્ઞાન નહિ એવી એકે વિદ્યા (સાએન્સ) નથી.

